# INGENIERÍA:

## Innovación, ciencia y tecnología 3

Organizadores:
Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira

Atena
Editora
Ano 2023

# INGENIERÍA:

## Innovación, ciencia y tecnología 3

Organizadores:
Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira

Atena
Editora
Ano 2023

**Editora chefe**
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
**Editora executiva**
Natalia Oliveira
**Assistente editorial**
Flávia Roberta Barão
**Bibliotecária**
Janaina Ramos
**Projeto gráfico**
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
**Imagens da capa**
iStock
**Edição de arte**
Luiza Alves Batista



Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

# Ingeniería: innovación, ciencia y tecnologia 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga
**Revisão:** Os autores
**Organizadores:** Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Víctor Crespo de Oliveira

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

I46 Ingeniería: innovación, ciencia y tecnologia 3 / Organizadores Denis Medina Guedes, Leonardo França da Silva, Víctor Crespo de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-2010-1
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.101232012

1. Ingeniería. I. Guedes, Denis Medina (Organizador). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título.

CDD 620

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

La producción de artículos académicos en la tríada ingeniería, tecnología y desarrollo constituye la base del progreso científico contemporáneo. Estos vehículos de comunicación científica juegan un papel crucial en la difusión del conocimiento, permitiendo la validación y mejora de ideas y descubrimientos. A través de una metodología rigurosa y una base teórica sólida, dichos artículos brindan credibilidad y confiabilidad a los avances científicos alcanzados.

En el contexto de la ingeniería, los artículos académicos resumen la esencia de la innovación y el desarrollo tecnológico. Estos documentos representan el principal medio de difusión de nuevos métodos, materiales y proyectos, facilitando la replicación y aplicación práctica de las soluciones propuestas. Además, contribuyen a la construcción de un cuerpo de conocimientos coherente y en constante evolución, fundamental para el progreso de la disciplina.

En cuanto a la tecnología, la producción de artículos académicos sirve como validación de sus aplicaciones y demostración de su efectividad. A través de experimentación controlada y análisis detallado, estos artículos proporcionan un marco crítico para evaluar y mejorar las tecnologías emergentes. Este proceso juega un papel crucial en la selección y adaptación de las soluciones tecnológicas más adecuadas para satisfacer necesidades específicas.

En el contexto del desarrollo, los artículos académicos consolidan las estrategias y políticas que impulsan el progreso socioeconómico. Al documentar los resultados de las intervenciones y políticas, estos artículos proporcionan una base empírica esencial para guiar decisiones y acciones futuras. De esta manera, catalizan la optimización de los recursos invertidos, promoviendo un desarrollo sostenible y equitativo.

En definitiva, la elaboración de artículos académicos en las áreas de ingeniería, tecnología y desarrollo trasciende el mero ejercicio académico, convirtiéndose en un imperativo para el avance de la sociedad contemporánea. Dichos registros científicos constituyen los pilares que sustentan la evolución de la ciencia aplicada, proporcionando un legado de conocimiento sólido y progreso sostenido para las generaciones futuras, como se evidencia en este trabajo.

Los autores esperan aportar contenidos relevantes para brindar asistencia técnica, científica y constructiva al lector, además de demostrar que la sostenibilidad es una herramienta importante, convirtiéndose en una aliada del crecimiento. Desde esta perspectiva, Atena Editora viene trabajando para estimular e incentivar cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con calidad y excelencia garantizadas en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos.

¡Buena lectura!

Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Víctor Crespo de Oliveira

SUMÁRIO

# UTILITY OF THE BIOMASS OF NEWSPAPER FOR THE ELIMINATION OF HEXAVALENT CHROMIUM REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTION

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Jose Ismael Acosta Rodríguez**
Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.
ORCID: 0000-0001-8620-2727

**Claudia Margarita Martínez Domínguez**
Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.

**Adriana Sarai Rodríguez Pérez**
Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
Centro de Investigación y Extensión de la Zona Media. El Balandran. Calle Escontría No. 230. Barrio 3, C.P. 79660.
Cd. Fernández, San Luis Potosí.
ORCID: 0000-0002-6570-6579

**Juan Fernando Cárdenas González**
Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
Centro de Investigación y Extensión de la Zona Media. El Balandran. Calle Escontría No. 230. Barrio 3, C.P. 79660.
Cd. Fernández, San Luis Potosí.
ORCID: 0000-0002-3502-5959

**Juana Tovar Oviedo**
Laboratorio de Microbiología
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.

**ABSTRACT**: We studied the Chromium (VI) removal capacity in aqueous solution by newspaper, using the diphenylcarbazide method to evaluate the metal concentration. So, the highest biosorption of the metal (50 mg/L) occurs within 24 hours, at pH of 1, and 28 °C. According to temperature, the highest removal was observed at 60 °C, in 5 hours, (100%). At the analyzed concentrations of Cr (VI), the newspaper showed good removal capacity, besides it removes efficiently the metal in situ (83.1%, and 93.9% of removal, 7 days of incubation, 5 g of biomass, in soil and water contaminated, respectively). So, it can be used to eliminate it from industrial wastewater.

**KEYWORDS**: Chromium (VI), newspaper, removal, wastewater, bioremediation

**RESUMEN**: Se estudió la capacidad de eliminación de Cromo (VI) en solución

acuosa mediante papel periódico, utilizando el método de la difenilcarbazida para evaluar la concentración del metal. Así, la mayor biosorción del metal (50 mg/L) se produce a las 24 horas, a un pH de 1 y a 28 °C. Con respect a la temperatura, la mayor remoción se observó a 60 °C, en 5 horas (100%). A las concentraciones de Cr (VI) analizadas, el papel periódico mostró buena capacidad de remoción, además elimina eficientemente el metal in situ (83,1% y 93,9% de remoción, a los 7 días de incubación y 5 g de biomasa, en suelo y agua contaminados, respectivamente), por lo que esta biomasa puede utilizarse para eliminarlo de las aguas residuales industriales.
**PALABRAS CLAVE:** Cromo (VI), Papel periódico, remoción, aguas residuales, biorremediación

## 1 I INTRODUCTION

Cr (VI) is a toxic metal and on the list of priority pollutants due to its mutagenic and carcinogenic properties defined by the US EPA (Environmental Protection Agency). Cr (VI) is mainly from electroplating, leather tanning, textile dyeing and metal finishing industries. The US EPA requires Cr (VI) in drinking water and inland surface waters is 0.05 and 0.1 mg/L, respectively (Kobya, 2004).

Conventional treatment technologies utilized in electroplating and metal finishing plants suffer from disadvantages such as high disposal and chemical costs and incomplete reduction of Cr (VI). Therefore, cost effective treatment technologies are needed to meet these requirements. Recently, a variety of low-cost materials have been studied for their ability to remove Cr (VI) from aqueous solution and promising results are shown. Among these low-cost adsorbents are dead microorganisms, clay minerals, agricultural wastes, industrial wastes and various other low-cost materials (Kamaludeen, et. al., 2003), like modified corn stalks, (Chen et. al., 2011), hazelnut shell (Cimino et. al., 2000), orange shell (Pérez- Marín et. al., 2007), tamarind shell (Acosta-Rodríguez et. al., 2010). It has also been reported that some of these biomasses can reduce chromium (VI) to chromium (III), like tea fungal biomass (Razmovski, and Sciban, 2007); Mesquite (Aldrich et. al., 2003), Eucalyptus bark (Sarin and Pant, 2006), red roses waste biomass (Shafqat et. al., 2008), Yohimbe bark (Fiol et. al., 2008), and litchii (Acosta-Rodríguez et. al., 2012).

Newspapers are complex materials and consist principally of cellulose which includes polar functional groups such as alcohols and ethers. These functional groups can be protonated at lower pH and therefore bind Cr (VI) by way of electrostatic interactions. In this study, newspapers were used for biosorption of Cr (VI) from aqueous solutions. Important factors affecting the biosorption, such as solution pH, adsorbent concentration, metal concentration, and reaction temperature were investigated.

## 2 I EXPERIMENTAL

### 2.1 Biosorbent used: Newspapers

The newspapers were cut into pieces (1 $cm^2$) and rind washed with water trideionized 72 hours under constant stirring, with water changes every 12 hours, and was used as biosorbent for the following experiments.

### 2.2 Methods

The stock solution was prepared by dissolving a known quantity of potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) (AR grade) in trideionized water. The stock solution was finally diluted to obtain standard solutions. Solutions of 0.1 mol/L NaOH and/or HCl were used for pH adjustment. Batch adsorption experiments were carried out by shaking 1.0 g of sorbent with 100 mL aqueous solution of the desired concentration in a temperature-controlled water-batch shaker. Continuous mixing was provided during the experiments with a constant agitation speed of 150 rpm. Removal studies were carried out at constant pH 1.0, with initial concentration (50 mg/L) and adsorbent dose of 1.0 g/L at 28°C. After shaking, the solution samples were withdrawn at suitable time intervals. Effect of pH on the adsorption of Cr (VI) was studied by varying the pH from 1.0 to 4.0. The effect of temperature on adsorption equilibrium was studied by varying temperatures from 28 to 60°C. Effect of sorbent and metal concentration on uptake of Cr (VI) was investigated by varying the range of concentration from 1.0 to 5.0 g/L of sorbent, and 200 to 1000 mg/L of Cr (VI), respectively.

The resulting solution was centrifuged and the supernatant liquid analyzed. The concentrations of Cr (VI) were determined using Diphenylcarbazide method (Greenberg et. al., 1992). Diphenylcarbazide forms a red–violet complex selectively with Cr (VI), and the intensity of this complex was read at 540 nm using a UV–visible spectrophotometer.

The values shown in the results section are the mean from three experiments carried out by triplicate.

## 3 I RESULTS AND DISCUSSIÓN

### 3.1 Effect of pH on adsorption

Figure 1 shows the effect of the incubation time and pH on Cr (VI) removal. The results indicate that the adsorption removal decreased from 81.15 to 0.0 % with increasing the pH from 1.0 to 4.0, suggesting that the removal was highly pH-dependent. The pH dependence of metal adsorption is largely related to the surface functional groups in the biosorbents and metal solution chemistry (Cheng et. al., 2002). As mentioned above, newspapers consist mainly of the cellulose, which contains polar functional groups, alcohols and ethers. These polar functional groups were protonated at lower pH and therefore the

surface of the adsorbent positively charged. On the other hand, the Cr (VI) in the solution exists mainly in three oxidation states, i.e. $Cr_2O_7^{2-}$, $HCrO_4^{-}$, $CrO_4^{2-}$, the stability of these forms being dependent on the pH of the system. The dominant form of Cr (VI) is $HCrO^{4\ -}$ over the range of 1.0 < pH< 3.0, while $CrO_4^{2-}$ is dominant in the range of pH > 4.0 (Kobya, 2004).

These results are like for tamarind shell (Acosta et al., 2010), but the most of authors report an optimum pH of 2.0 like Tamarind shell (Agarwal et. al., 2006), eucalyptus bark (Sarin and Pant, 2006), bagasse and sugarcane pulp, coconut fibers and wool (Dakiki et. al., 2002), for the tamarind shell treated with oxalic acid (Popuri et al., 2008), at pH of 2.0 and 5.0 for the mandarin bagasse (Zunbair et al., 2008), and almond green hull (Sharanavard et al., 2011).

### 3.2 Effect of temperature on adsorption

Temperature is found to be a critical parameter in the adsorption of Cr (VI) (Figure 2). The highest removal was observed at 60°C and 5 hours of incubation. At this point the total removal of the metal is carried out. The results are coincident for tamarind shell with 95% of removal at 58°C and 3 hours (Agarwal et. al., 2006), for the adsorption of cadmium (II) from aqueous solution on natural and oxidized corncob (40°C and 5 days) (Leyva-Ramos et. al., 2005), but this are different for the mandarin waste (Zunbair et al., 2008), *Caladium bicolor* (wild cocoyam) biomass (Jnr, and Spiff, 2005), and *Saccharomyces cerevisiae* (Ozer and Ozer, (2003). The increase in temperature increases the rate of removal of chromium (VI) and decreases the contact time required for complete removal of the metal, to increase the redox reaction rate (Agarwal et. al., 2006).

### 3.3 Effect of Initial Metal Concentration on adsorption

On the other hand, at high metal concentrations (1000 mg/L), biomass studied, shows the best results for removal, adsorbing 100% at 5 hours at 60°C, while 200 mg/mL of the metal are removed at 7 hours and 7 days, at 60°C and 28°C, respectively (Figures 3a, and 3b). The results are coincident for tamarind shell (Acosta-Rodríguez et. al., 2010; Agarwal et. al., 2006). With respect to other biomass used, most authors report lower removal efficiencies of metal, for example: 45 mg/L for eucalyptus bark (Sarin and Pant, 2006), 13.4 and 17.2 mg/L for bagasse and sugar cane pulp, 29 mg/L coconut fibers, 8.66 mg/L for wool (Dakiki et. al., 2002), 25 and 250 mg/L of chitin and chitosan (Sag, and Y. Aktay, 2002), and 1 mg/L for cellulose acetate (Arthanareeswaran et. al., 2002). The increase in initial concentration of Cr (VI), results in the increased uptake capacity and decreased % removal of Cr (VI). This was due to the increase in the number of ions competing for the available function's groups on the surface of biomass (Agarwal et. al., 2006).

## 3.4 Effect of sorbent dose on adsorption

To assess the influence of the adsorbent concentration on the Cr (VI) adsorption, adsorbent different concentrations were studied using solutions of 50 mg/L Cr (VI) at pH 1.0. As shown in Fig. 4, when the adsorbent concentration was increased from 1.0 to 5.0 g/L, also increases the removal of Cr (VI) in solution (100% of removal, with 4 and 5 g of biomass at 10 hours). This is likely due to the equilibrium concentration of the Cr (VI) in solution was lower in the presence of high adsorbent concentrations, and there are more sorption sites of the same, because the amount of added sorbent determines the number of binding sites available for metal sorption (Pócsi, 2011). Similar results have been reported for modified corn stalks (Chen et. al., 2011), tamarind shell (Acosta-Rodríguez et, al., 2010), and *Mucor hiemalis* and *Rhizopus nigricans*, although latter with 10 g of biomass (Tewari et. al., 2005; Bai and Abraham, 2001), but are different from those reported for biomass wastes from the mandarin (gabasse), whit an optimal concentration of biomass of 100 mg/L (Zubair et. al., 2008).

## 3.5 Removal of Cr (VI) in industrial wastes with newspaper

We adapted a water-phase bioremediation assay to explore possible usefulness of newspaper biomass for eliminating Cr (VI) from industrial wastes, the biomass was incubated with non-sterilized contaminated soil and water, containing 297 mg Cr (VI)/g, and 400 mg Cr (VI)/L, respectively, suspended in trideionized water. It was observed that after seven days of incubation with the biomass, the Cr (VI) concentration of soil and water samples decrease 90.1%, and 93.9%, respectively (Figure 5), and the decrease level occurred without change significant in total Cr content, during the assay. In the experiment carried out in the absence of the biomass, the Cr (VI) concentration of the soil and water samples decreased by about of 18% (date not shown); this might be caused by indigenous microflora and (or) reducing components present in the soil and water. The chromium removal abilities of newspaper biomass are equal than those of other reported biomass, for example tamarind shell (Acosta-Rodríguez et. al., 2010), *Mamea americana* shell (Acosta et. al., 2012), and *Candida maltose* RR1, (Ramírez-Ramírez et. al., 2004. Many of the Cr (VI) reduction studies were carried out at neutral pH (Fukuda et. al., 2008). *Aspergillus niger* also has the ability to reduce and adsorb Cr (VI) (Fukuda et. al., 2008). When the initial concentration of Cr (VI) was 500 ppm, *A. niger* mycelium removed 8.9 mg of chromium/g dry weight of mycelium in 7 days.

## 3.6 Desorption of Cr (VI) by different solutions

Furthermore, we examined the ability of different solutions to desorb the metal

biosorbed (250 mg/L) for the newspaper biomass, obtaining very low efficiency with 0.1 N NaOH and 0.5 N (3.6% and 2.71% respectively, date not shown), which are less than reported for desorption of chromium (VI) with alkaline solutions (100%, pH = 9.5), 1.0 N NaOH (95%) and a hot solution of NaOH/$Na_2CO_3$ (90%), respectively, (Singh et. al., 2009; Gupta, and Babu, 2009), and using 0.2 M NaOH (Wang et. al., 2009). This indicates that binding of metal to biomass is strong and that it can be used one desorption cycles of removal.

## 4 | CONCLUSION

The newspaper biomass complete capacity showed of biosorption concentrations of 1.0 g/L Cr (VI) in solution after 7 days of incubation, at 28°C, 100 rpm with 1 g of biomass. These results suggest the potential applicability of newspaper biomass for the remediation of Cr (VI) from polluted soils and water in different places.

## REFERENCES


Acosta, I., López, V., Coronado, E., Cárdenas, J.F. y Martínez, V.M. (2010). Remoción de Cromo (VI) por la biomasa de la cáscara de Tamarindo, *(Tamarindus indica).* Revista de Biotecnología y Bioingeniería. 14 (3), 11-23.

Acosta-Rodríguez, I., Martínez-Perez, R., Cárdenas-González, J.F., Moctezuma-Zárate, M.G., and Martínez-Juárez, V.M. (2012). Hexavalent Chromium Removal by *Litchi chinensis* Sonn Peel. American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 8 (1), 7-13.

Acosta, I., Sandoval, P., Bautista, D., Hernández, N., Cárdenas, J.F. y Martínez; V.M. (2012). Bioadsorción de Cromo (VI) por la cáscara de Mamey (*Mammea americana* L.). Avances en Ciencias e Ingeniería, Vol. 3, No. 2, (Abril-Junio 2012). IN PRESS.

Agarwal, G.S., Kumar, H., and S. Chaudari. (2006). Biosorption of aqueous chromium (VI) by *Tamarindus indica* seeds. Bioresource Technology. 97, 949-956.

Aldrich, M.V., Gardea Torresdey, J.L., Peralta Videa, J.R., and Parsons, J.G. (2003). Uptake and Reduction of Cr(VI) to Cr(III) by Mesquite (*Prosopis* ssp.): Chromate-Plant Interaction in Hydroponics and Solid Media Studied Using XAS. Environmental Science Technology. 37, 1859-1864.

Arthanareeswaran, G., Thanikaivelan, P., Jaya, N., Mohan, D., and Raajenthiren, M. (2002). Removal of chromium from aqueous solution using cellulose acetate and sulfonated poly(ether ketone) blend ultrafiltration membranes. Biochemical Engineering Journal. 12, 43-153.

Bai, R.S. and Abraham, T.E. (2001). Biosorption of chromium (VI) from aqueous solution by *Rhizopus nigricans*. Bioresource Technology, 79, 73-81.

Chen, J.P., Hong, L., Wu, S.N., and Wang, L. (2002). Elucidation of interactions between metal ions and ca-alginate based ion exchange resin by spectroscopy analysis and model simulation. Langmuir 18, 9413–9421.

Chen, S., Yue, Q., Gao, B., Li, Q., and Xu, X. (2011). Removal of Cr(VI) from aqueous solution using modified corn stalks: Characteristic, equilibrium, kinetic and thermodynamic study. Chemical Engineering Journal. 168, 909-917.

Cimino, G., Passerini, A., and Toscano, G. (2000). Removal of toxic cations and Cr(VI) from aqueous solution by *Halzelnut shell.* Water Research. 34 (11), 2955-2962.

Dakiki, M., Khamis, M., Manassra, A., and Mer'eb, M. (2002). Selective adsorption of chromium (VI) in industrial wastewater using low cost abundantly adsorbents. Advances Environmental Research, 6, 533-540.

Fiol, N., Escudero, C., and Villaescusa, I. (2008). Chromium sorption and Cr(VI) reduction to Cr(III) by grape stalks and yohimbe bark. Bioresource Technology. 99, 5030-5036.

Fukuda, T., Ishino, Y., Ogawa, A., Tsutsumi, K., and Morita, H. (2008). Cr(VI) reduction from contaminated soils by *Aspergillus* sp. N2 and *Penicillium* sp. N3 isolated from chromium deposits. Journal of General and Applied Microbiology. 54, 295-303.

Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., and Eaton, A.D. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18ª ed. American Public Health Association. (pp. 58-3.60, 187-190). Washington, D.C.

Gupta, S., and Babu, B.V. (2009. Removal of toxic metal Cr(VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies. Chemical Engineering Journal. 150, 352-365.

Jnr, M.H. and Spiff, A.I. (2005). Effects of temperature on the sorption of $Pb^{2+}$ and $Cd^{2+}$ from aqueous solution by *Caladium bicolor* (wild cocoyam) biomass. Electronic Journal of Biotechnology. 8, (2), 162–169.

Leyva-Ramos, R., L.A. Bernal-Jacome, L.A., and Acosta-Rodriguez, I. (2005). Adsorption of cadmium (II) from aqueous solution on natural and oxidized corncob. Separation and Purification Technology. 45, 41–49.

Kamaludeen, S.P.B., Megharaj, M., Juhasz, A.L., Sethunathan, N., and Naidu, R. (2003). Chromium–Microorganism Interactions in Soils: Remediation Implications. Review Environmental Contamination Toxicology. 178, 93–164.

Kobya, M. (2004). Adsorption, Kinetic and Equilibrium Studies of Cr(VI) by Hazelnut Shell Activated Carbon. Adsorption Science and Technology. 22 (1), 51-64.

Ozer, A. and Ozer, D. (2003). Comparitive study of the biosorption of Pb (II), Ni (II) and Cr(VI) ions onto *S. cerevisiae*: Determination of biosorption heats. Journal of Hazardous Materials. 100, 219–229.

Pérez-Marín, A.B., Meseguer, V., Zapata, J.F., Ortuño, M., Aguilar, J., Sáez S., and Lloréns, M. (2007). Removal of cadmium from aqueous solutions by adsorption onto orange waste. J. Hazardous Materials. 139, 122-131.

Pócsi, I. (2011). Toxic Metal/Metalloid Tolerance in Fungi. A Biotechnology-Oriented Approach. Bánfalvi, G. (ed.), Cellular Effects of Heavy Metals (pp. 31-58). Springer Science.

Popuri, R.S., Jammala, A., Naga Suresh, K., and Abuburi, K. (2007). Biosorption of hexavalent chromium using tamarind (*Tamarindus indica*) fruit shell-a comparative study. Journal of Biotechnology, 10 (3), 358-367.

Ramírez-Ramírez, R., Calvo-Méndez, C., Avila-Rodríguez, M., Lappe, P., Ulloa, M., Vázquez-Juárez, R., and Gutiérrez-Corona, J.F. (2004). Cr(VI) reduction in a Chromate-resistant strain of *Candida maltose* isolated from the leather industry. Antonie van Leeuwenhoek. 85, 63-68.

Razmovski, N.R.N. and Sciban, M.B. (2007). Effect of different conditions on Cu(II) and Cr(VI) biosorption by dried waste tea fungal biomass. APTEFF, 38, 1-19.

Sag, Y. and Aktay, Y. (2002). Kinetic studies on sorption of Cr (VI) and CU (II) ions by chitin, chitosan and *Rhizopus arrhizus* Biochemical Engineering Journal. 12, 143-153.

Sarin, V. and Pant, K.K. (2006). Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. Bioresource Technology, 97, 15-20.

Shafqat, F., Bhatti, H.N., Hanif, M.A., and Zubair, A. (2008). Kinetic and equilibrium studies of Cr(III) and Cr(VI) sorption from aqueous solution using rosa gruss an teplitz *(Red rose)* waste biomass. Journal Chile Chemistry Society, 53 (4), 1667-1672.

Sharanavard, M., Ahmadpourand, A., and Reza Doosti, M. (2011). Biosorption of Hexavalent Chromium Ions from Aqueous Solutions using Almond Green Hull as a Low-Cost Biosorbent. European Journal of Scientific Research. 58 (3), 392-400.

Singh, K.K., Hasan, S.H., Talat, M., Singh, V.K., and Gangwar, S.K. (2009). Removal of Cr (VI) from aqueous solutions using wheat bran. Chemical Engineering Journal. 151, 113-121. 2009.

Tewari, N., Vasudevan, P., and Guha, B. (2005). Study on biosorption of Cr(VI) by *Mucor hiemalis.* Biochemical Engineering Journal. 23, 185-192.

Wang, X.S., Tang, Y.P., and Tao, S.R. (2009). Kinetics, equilibrium and thermodynamic study on removal of Cr (VI) from aqueous solutions using low-cost adsorbent Alligator weed. Chemical Engineering Journal. 148, 217-225.

Zubair, A., Bhatti, H.N., Hanif. M.A., and Shafqat, F. (2008). Kinetic and equilibrium modeling for Cr(III) and Cr(VI) removal from aqueous solutions by *Citrus reticulata* waste biomass. Water Air Soil Pollution. 191, 305-318.

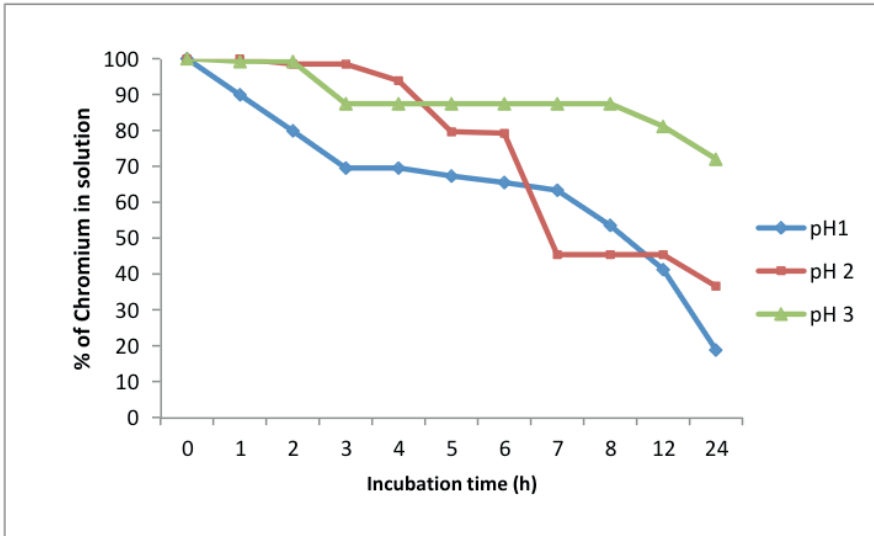



Figure 1: Effect of incubation time and pH on Chromium (VI) removal by newspaper.

50 mg/L Cr (VI), 100 rpm, 28ºC.

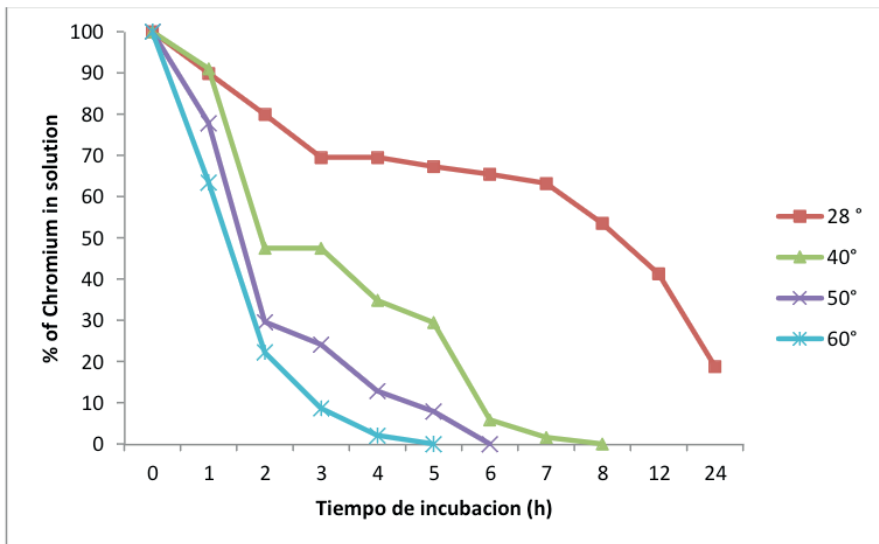



Figure 2: Effect of temperature on Chromium (VI) removal by  newspaper.

50 mg/L Cr (VI), pH 1.0. 100 rpm.

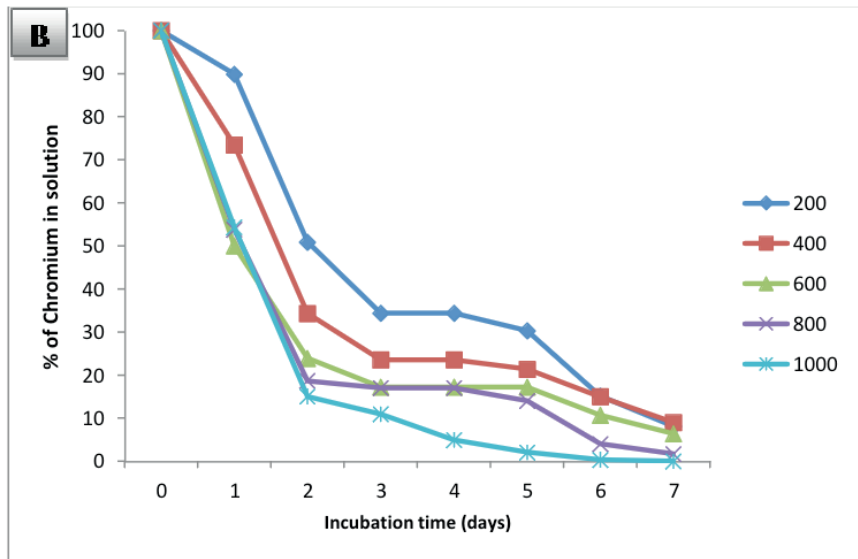
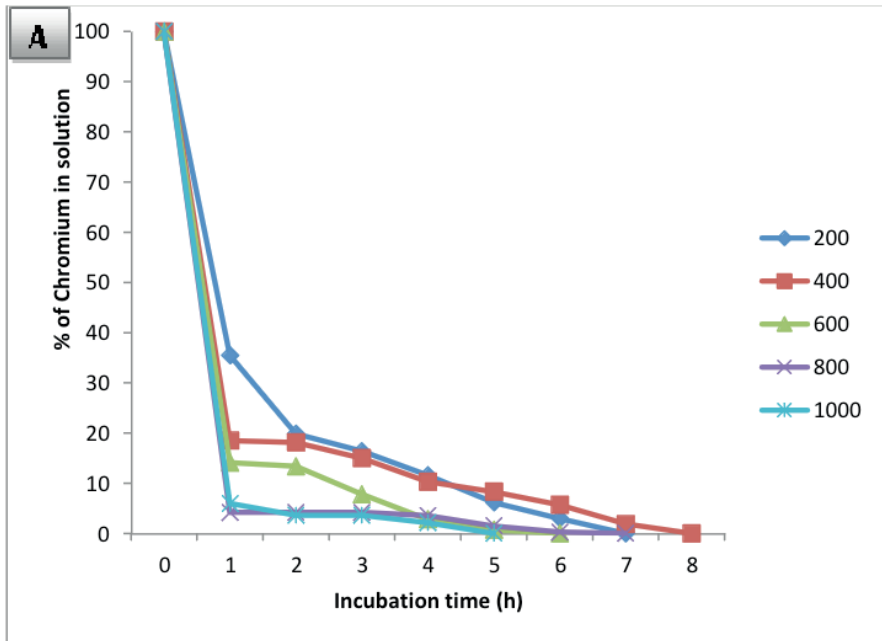



Figure 3: Effect of initial metal concentration on Chromium (VI) removal by newspaper.

pH 1.0. 100 rpm, A. - 60°C, B. - 28°C.

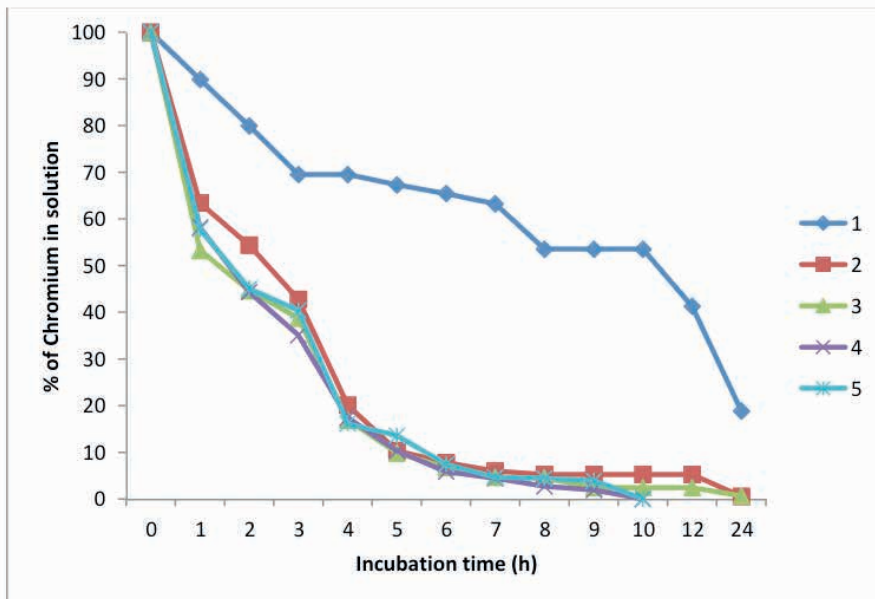



Figure 4: Effect of biomass concentration on the removal of 500 mg/L Cr (VI).

(60°C, pH= 1.0, 100 rpm).

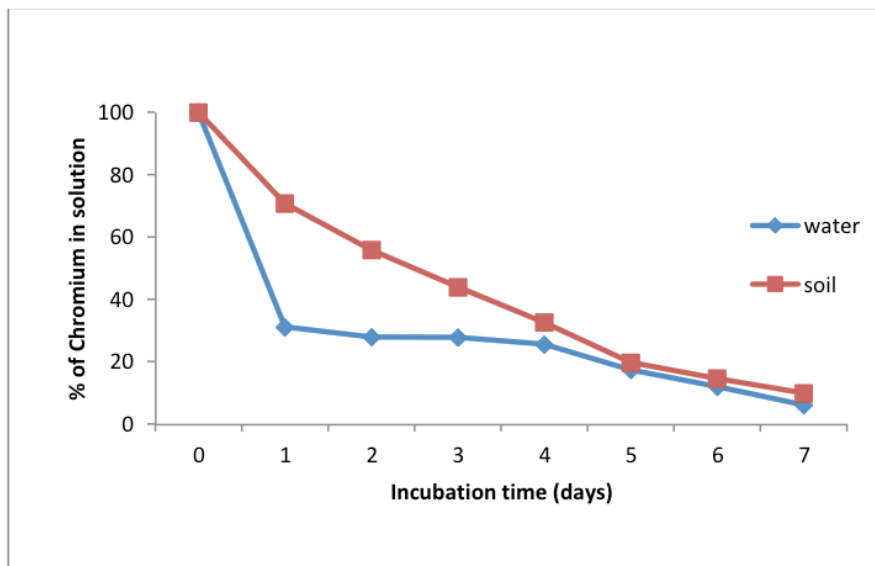



Figure 5: Removal of Chromium (VI) in industrial wastes incubated with the biomass.

100 rpm, 28ºC, of contaminated soil and water (297 mg Cr (VI)/g soil, and 400 mg/L Cr (VI).

# CAPÍTULO 2

# EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ

*Data de submissão: 03/10/2023*    *Data de aceite: 01/12/2023*

**María Rodríguez Gámez**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-3178-0946

**Antonio Vázquez Pérez**
Universidad Alicante, Facultad de Filosofía y Letras. España. Universidad de Alicante. Alicante – España
https://orcid.org/0000-0002-2994-8626

**Gino Joaquín Mieles-Mieles**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de ciencias básicas, Departamento de física, Portoviejo, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0002-4528-2211

**Washington Colon Castillo Jurado**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador
Portoviejo, Ecuador
https://orcid.org/0000-00032-7011-1131

**Lenin Agustín Cuenca Álava**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-5079-9469

**Guillermo Antonio Loor Castillo**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-4986-7524

**Wilber Manuel Saltos Arauz**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0001-5520-595X

**Edgar Danilo Lituma Ramirez**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0002-2383-1507

**Julio Cesar Mera Macias**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-4035-4159

**Julio Cesar Hernández Chilan**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0002-4894-8111

**Mauro Enrique Loor Cevallos**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0003-1241-6401

**Gema Isabel Medranda Cobeña**
Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Informáticas, Portoviejo, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0001-6405-6976

**RESUMEN:** Las emisiones de los gases de efecto invernadero se incrementan a escala global con consecuencias ambientales no deseadas, que de modo potencial se expanden a cualquier región. Resulta necesario cambiar los estilos de vida y modos de consumo y buscar nuevas alternativas encaminadas a reducir las consecuencias que alteran las condiciones ambientales. El objetivo de la investigación consiste en proponer un modelo alternativo de aprovechamiento energético sostenible en el modo de la generación distribuida, que ayude a reducir las consecuencias ambientales negativas que se generan por el uso indiscriminado de las fuentes no renovables. Se empleará el método deductivo para examinar el problema, analizar las teorías generales asociadas con la gestión energética sostenible mediante la aplicación de fuentes renovables y llegar a conclusiones precisas sobre el tema estudiado. La investigación es de tipo cualitativa, para lo que se realizará una revisión bibliográfica compleja encaminada a valorar las posibilidades que existen para la introducción de las fuentes renovables de energía en el marco territorial. Como resultado se propone un modelo teórico para la introducción de las energías limpias en interés de lograr el desarrollo local sostenible.
**PALABRAS CLAVE**: diversificación energética, potenciales de fuentes renovables de energía, impacto ambiental, vinculación con la sociedad

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND DISTRIBUTED GENERATION IN THE PROVINCE OF MANABÍ

**ABSTRACT:** Greenhouse gas emissions are increasing on a global scale with undesirable environmental consequences, which potentially expand to any region. It is necessary to change lifestyles and consumption patterns and look for new alternatives aimed at reducing the consequences that alter environmental conditions. The objective of the research is to propose an alternative model of sustainable energy use in the form of distributed generation, which helps reduce the negative environmental consequences generated by the indiscriminate use of non-renewable sources. The deductive method will be used to examine the problem, analyze the general theories associated with sustainable energy management through the application of renewable sources and reach precise conclusions on the topic studied. The research is qualitative, for which a complex bibliographic review will be carried out aimed at assessing the possibilities that exist for the introduction of renewable energy sources in the territorial framework. As a result, a theoretical model is proposed for the introduction of clean energies in the interest of achieving sustainable local development.

**KEYWORDS:** energy diversification, potential of renewable energy sources, environmental impact, connection with society

## INTRODUCCIÓN

Las fuentes renovables de energía transitan por un momento privilegiado por sus virtudes en los aportes que pueden ofrecer para al desarrollo sostenible. Con su introducción se pueden reducir los efectos de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera derivados de la generación energética. El aprovechamiento de los recursos renovables se puede aplicar en cualquier sitio donde exista potencial de las fuentes que se puede transformar en energía.

El carácter disperso de las fuentes renovables permite su aplicación en el modo de la generación distribuida, para propiciar un aporte significativo al desarrollo sostenible de los territorios.

El conocimiento de los recursos renovables que tiene cada localidad y las posibilidades de su gestión para generar energía constituye un aporte para lograr el desarrollo sostenible (Rodríguez & otros, 2022). En la Universidad Técnica de Manabí se ha desarrollado un portal web que sirve de herramienta para conocer los potenciales de las fuentes renovables (solar, eólica, e hídrica) (Geoportal institucional, 2023). A partir de la información derivada del sistema los estudiantes, profesores, investigadores y actores locales pueden desarrollar proyectos para la introducción de alternativas renovables en el modo de la generación distribuida.

Los problemas vinculados con la situación climática de la actualidad suponen un cambio de situación para la sociedad, que implica el enfrentamiento de nuevos problemas para los cuales no estábamos preparados (Internacional, 2023).

La generación y suministro de energía debe ocupar un lugar priorizado en la reflexión de las alternativas posibles de adaptación a las limitaciones derivadas del cambio climático.

Las fuentes renovables de energía son recursos versátiles en cuanto a su disposición. Se encuentra presentes en todos los sitios y permiten su aprovechamiento en toda su magnitud de manera competitiva con cualquier otro recurso energético.

Según los autores (Hernández, Jiménez, & Mendoza, 2022) se debe tener una comprensión de calidad y profundidad sobre las dinámicas del derecho internacional energético, de forma que se puedan llevar a cabo procesos para orientar las normativas hacia las insuficiencias que existen para la protección ambiental.

La radiación solar se puede transformar en energía térmica y eléctrica para ayudar a solucionar problemas como las heladas que afrontan diferentes poblaciones de la zona altoandina de la región Puno (Quispe & Sotomayor, 2022) y otras a nivel mundial que podrían implementar experiencias ya desarrolladas para lograr la sostenibilidad.

Otra de las actividades que se continúan desarrollando son los estudios para

aprovechar el potencial solar en zonas urbanas mediante el aprovechamiento de los techados (Iturralde, Jiménez, Molina, & Álvarez, 2022). En algunos países se trabaja en la introducción de tecnologías con drones para encontrar espacios en los tejados, donde se pueden introducir los sistemas fotovoltaicos, mediante la utilización de herramientas basadas en sistemas de información geográfica (GIS).

Los centros de educación están comprometidos con la sostenibilidad y el medio ambiente. Es preciso enseñar que la energía solar es una fuente renovable y limpia, que también puede ayudar a reducir de modo significativo los impactos ambientales al sustituir la energía convencional, por la que proviene de fuentes limpias. La investigación propone alternativas de aprovechamiento energético en forma de generación distribuida, que están encaminadas a reducir las consecuencias ambientales negativas que afectan la estabilidad ambiental.

América Latina se encuentra amenazada de modo significativo por el aumento de la temperatura del mar (Sierra, 2023). Se observan en este año las afecciones en varios países con costas en el pacífico que pueden ser repetitivas, más frecuentes y con mayor intensidad debido al calentamiento global. Es una región vulnerable a los fenómenos climáticos como las intensas lluvias que suelen comprometer numerosas vidas humanas.

Otra de las consecuencias del cambio climático en la región está relacionada con las sequias, que propicia la pérdida de agua en el suelo y la disminución de los caudales hídricos.

La falta de conocimientos, los niveles de pobreza, la inequitativa distribución de la riqueza y las debilidades del sistema de justicia, contribuyen al agravamiento de la situación que dificulta un adecuado proceso de adaptación social a la nueva situación que impone el cambio climático.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias. En este sentido se pueden revisar los hallazgos encontrados por (Boehm & Schumer, 2023). En su informe se habla del calentamiento global de 1.1°C. Plantean cambios en el sistema climático en todas las regiones del planeta donde los impactos del cambio climático en las personas y los ecosistemas son más generalizados y severos de lo esperado, las emisiones globales de los gases efecto invernadero (GEI) alcanzarán su punto máximo antes de 2025 en las trayectorias alineadas a 1.5°C. Plantean con claridad que se debe cambiar la quema de combustibles fósiles por ser la principal causa de la crisis climática.

A pesar de que en Ecuador se desarrolló un programa sobre la estrategia nacional de cambio climático desde el año 2012 (Aguiñaga, 2012), persisten dificultades en cuanto a la preparación de la sociedad para enfrentar los eventos climáticos extremos de mayor intensidad y frecuencia, que podrían afectar todos los sectores de la economía del país.

(Vega, Malla, & Bejarano, 2020) señalan que para el 2020 se hablaba de comenzar a concientizar a las personas con la adecuada gestión de los desperdicios plásticos, aplicar medida que incluyan políticas, proponer impuestos a las grandes industrias que son las que más contaminan, pero su aplicación se ralentiza y no está definida la forma y la fecha de aplicación de las medidas.

La realidad obliga a los científicos a reflexionar sobre las afecciones que se pueden presentar con un potencial de afectaciones a la población, la economía y otros sectores. Existen experiencias recientes sobre las consecuencias de inundaciones y deslizamientos de tierra. Son visibles las afectaciones del cambio climático a la agricultura ecuatoriana (El Comercio, 2022). Las consecuencias se manifiestan con afectaciones al ciclo de siembra, daños en las cosechas de los productores agrícolas. Se requiere el desarrollo de una metodología que permita elevar el nivel de conocimientos y la preparación de la población ante los efectos del cambio climático.

## Métodos de investigación

Se empleará el método deductivo para examinar el problema, analizar las teorías generales asociadas con la gestión energética mediante la aplicación de fuentes renovables de energía, como una alternativa sostenible para enfrentar las consecuencias del cambio climático. La investigación es de tipo cualitativa por lo que se realizará una revisión bibliográfica encaminada a valorar las posibilidades para la introducción de las fuentes renovables en el marco territorial en el modo de la generación distribuida, a partir de los beneficios que ofrece la energía solar en el territorio.

Se aprovechan las bondades del sistema de información geográfica para realizar la interpretación espacial de los valores del potencial solar que llega al plano horizontal terrestre. La información derivada puede servir como apoyo para el desarrollo de proyectos encaminados al aprovechamiento de la radiación solar para la generación de energía en la provincia de Manabí. Se utilizan los datos de las mediciones de la radiación solar publicados por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los estados Unidos, que se basa en la gestión de mediciones de la radiación solar de 22 años.

## RESULTADOS

El informe de la Agencia Internacional de Energía (IRENA, 2023) se enfoca en dos aspectos que implican acciones inmediatas. Se incluye con una alta prioridad la disminución de las emisiones de gases efecto invernadero que constituyen riesgos desencadenantes del cambio climático a los que está sometida la humanidad. Se hace un llamado a la diversificación de la matriz energética y la mejora de la eficiencia de los recursos en explotación.

En Ecuador se ha trabajado en la diversificación de la matriz energética. De un país que compraba pasó a vender energía a Colombia y Perú (López Suarez, 2020); (Orozco, 2022). Impulsado por el cambio de la matriz productiva se realizaron varios proyectos para diversificar la matriz energética, de modo que la energía permitiera avanzar en la política trazada para la planeación de desarrollo del país (Díaz, Mora, & Durán, 2019).

Basada en los principios de la sostenibilidad y la eficiencia, se valora la diversificación sostenible de la matriz energética. En este contexto se proponen elementos para que los tomadores de decisión conozcan los fenómenos que se deben enfrentar para lograr la disminución de la generación de energía con combustibles fósiles y la mejora del ambiente (Patricio Villa, Crespo, & Cruz, 2021), además se estudia el uso del transporte convencional por su impacto para la reducción de las emisiones contaminantes.

## Efectos negativos del cambio climático en el Ecuador

La realidad del país está reflejada en estudios que se realizaron y que evidencian las consecuencias del cambio climático como una realidad palpable, de modo que se puedan trazar estrategias que permitan enfrentarlo y ayuden al proceso de adaptación social que será necesario operar.

Los resultados de los estudios realizados demuestran que se deben cambiar los modelos económicos de consumo por otros más resilientes e inclusivos (PNUD, Ecuador, 2023). Las propuestas deben ser discutidas a escala comunitaria a lo largo y ancho del País, en especial las zonas más vulnerables donde se deben redoblar los esfuerzos de preparación de la población ante los impactos que se avecinan y el enfrentamiento de sus consecuencias en lo social, lo económico y lo ambiental.

Uno de los efectos negativos más significativos está relacionado con el aumento de la temperatura y la frecuencia de eventos climáticos extremos como son: las sequías e inundaciones (Toulkeridis, y otros, 2020). Estos eventos impactan de modo importante en la producción agrícola y un aumento en los precios de los alimentos. El derretimiento de los glaciares andinos está afectando la disponibilidad de agua dulce en algunas regiones del país (Cardona, 2019). También se están experimentando cambios en la biodiversidad, lo que puede tener consecuencias graves para los ecosistemas y las especies que dependen de ellos.

## Efectos negativos del cambio climático en la provincia de Manabí

Además de las afectaciones señaladas con anterioridad, en la provincia de Manabí se prevé un aumento del nivel del mar con afectaciones para las comunidades y actividades económicas que se desarrollan próximas al litoral. Según estudios realizados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se espera que el nivel del mar en la

costa ecuatoriana aumente entre 10 y 30 centímetros para el año 2050. Esto puede causar inundaciones y erosión costera, con el probable desplazamiento de la población residente hacia zonas seguras (Mendoza,, Garcia, Salazar, & Vivanco, 2019).

Hay factores que intervienen en la temperatura y los patrones de lluvia, estos están cambiando en la provincia y afectan la flora y la fauna local. Se valora que algunas especies no se adapten con rapidez a estos cambios y se extingan (Campos & Mendoza, 2018).

La agricultura también puede ser afectada, con perturbaciones para las cosechas, debido a la variabilidad en las precipitaciones y las temperaturas extremas (López & Hernández, 2016).

En la figura 1 se muestran los efectos negativos asociados al aumento de la temperatura en la zona costera de la provincia de Manabí.

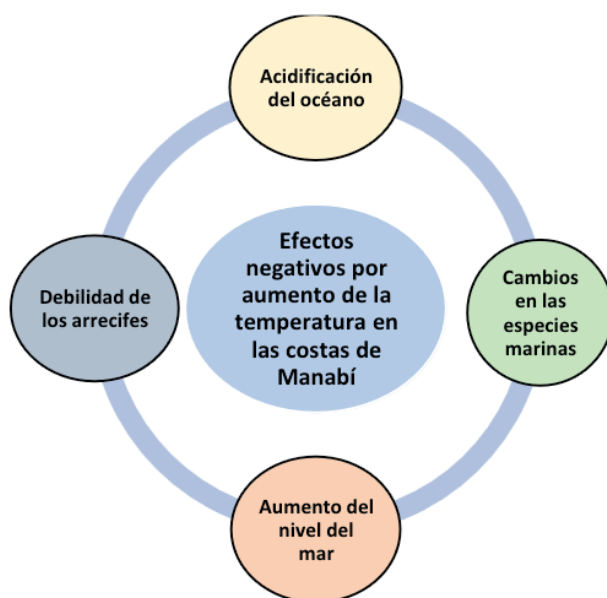



Figura 1. Efectos negativos en la zona costera de Manabí

Estudios realizados en Colombia demuestran que el aumento de la temperatura y la reducción del pH puede provocar una mayor acidificación del agua, lo cual puede afectar a los organismos marinos y los ecosistemas costeros (Rojas & Pabón, 2015), también puede provocar el blanqueamiento de los corales, debilitando los arrecifes con afectaciones para la biodiversidad marina (Ramirez, 2022).

Debido a la disminución del oxígeno disuelto en los océanos las especies marinas se pueden redistribuir hacia los polos y a más profundidad para causar una alta mortalidad en algunas especies (Kleypas, 2019). Se pueden alterar los patrones migratorios y de reproducción de determinadas especies marinas, lo que podría afectar la pesca y el turismo en las regiones del pacífico (Clemente, 2019).

El aumento de la temperatura está propiciando la descongelación de los glaciares polares con el aumento del nivel del mar (Golledge, 2021), lo que podría resultar en inundaciones y erosión costera que en estos momentos es un hecho en las costas de la provincia de Manabí como se muestra en la figura 2A. Según los expertos el calentamiento no solo es en superficie, sino también en las aguas de fondo. En el mes de mayo se produjeron incrementos de temperatura de 0,4°C y frente a las costas aumentaron en 2,23°C, lo que trajo como consecuencia un mayor calentamiento y evaporación de las aguas, para propiciar el incremento de las lluvias en la costa y a su vez inundaciones en muchos territorios como el cantón Chone, según se muestra en la figura 2B. De manera general la situación del territorio en el área costera se encuentra en riesgo y requiere la búsqueda urgente de soluciones alternativas que sean sostenibles, dentro de las que se plantea la diversificación sostenible de la matriz energética.

Figura 2. Erosión del área costera ***(A)***. Inundaciones en Chone ***(B)***

Fuente: (Primicias, 2023)

## La generación distribuida y su papel ante el cambio climático

La generación distribuida es la generación de energía a pequeña escala y próximo del lugar de consumo, para lo que se utilizan fuentes renovables como la solar, eólica, hidráulica y biomasa.

La generación distribuida de energía puede desempeñar un rol significativo en la lucha contra el cambio climático, ya que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles. Permite una mayor eficiencia energética al evitar las pérdidas en la transmisión de la energía eléctrica a largas distancias y las que se producen en el sistema de distribución. Puede mejorar la resiliencia del sistema eléctrico al reducir la vulnerabilidad a los cortes de energía y las interrupciones causadas por eventos climáticos extremos (Lemus, Carrión, & Aguirre, 2022). Es una forma de minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la sostenibilidad del sistema al generar para satisfacer demandas puntuales.

Se conocen varios ejemplos de modelos que permiten la diversificación sostenible del sistema energético como son:

**Transición energética**: plantea la transición gradual de las fuentes de energía fósil a las renovables. Se sugiere que esta transición debe ser gradual y planificada con el objetivo final de una economía basada en energías limpias (Mártil de la Plaza, 2021).

**Modelo de mercado**: se enfoca en la creación de un mercado competitivo para las fuentes renovables. Se sugiere que la competencia puede ayudar a reducir los costos y aumentar la eficiencia, lo que a su vez puede aumentar la adopción de energías limpias (Energypedia, 2016 ).

**La política pública:** se centra en la estimulación de políticas gubernamentales para fomentar la adopción de las fuentes renovables de energía. Estas políticas pueden incluir incentivos fiscales, subsidios y regulaciones ((CEPAL), 2019).

**El modelo comunitario:** propone la creación de comunidades autosuficientes y descentralizadas que generan su propia energía a partir de fuentes renovables. Se sugiere que esto puede aumentar la resiliencia y reducir la dependencia de grandes empresas y gobiernos (Smart Villages (OLADE), 2017).

Si se unen estas experiencias y se conocen las características de los territorios y las poblaciones necesitadas se pueden trazar estrategias que permitan la toma de decisiones.

## Modelo teórico para la introducción de las fuentes de energía limpia

Construir un modelo teórico que guíe a los tomadores de decisión en un programa de diversificación sostenible de la matriz energética, facilita el camino a transitar. Algunos autores consideran diferentes variables que se deben tener presentes al pensar en un planeamiento sostenible (Pacheco, 2018). En la figura 3 se propone un modelo direccionado a lograr el desarrollo energético sostenible desde nivel local.

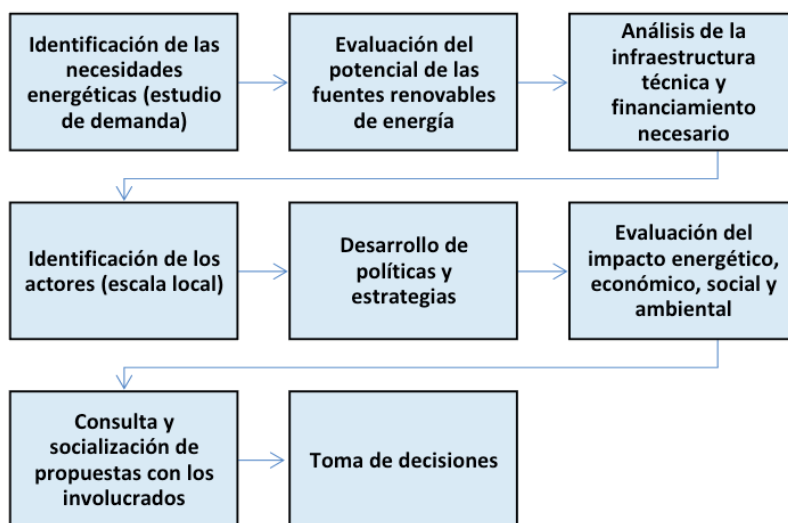



Figura 3. Modelo para la diversificación de las energías limpias a nivel local

Cada uno de los elementos y acciones reflejadas en el modelo desempeña un rol encaminado a la toma de decisiones. En primer lugar, es necesario la identificación de las necesidades energéticas del sitio donde se requiere introducir el aprovechamiento sostenible de las fuentes renovables (Berenguer, Deás, Arias, Hernández, & Prada, 2019), en este contexto se requiere conocer la situación que presentan los usuarios en el momento del estudio, pudiendo valorar cuál de las fuentes de energía es adecuada para satisfacer las necesidades planteadas.

Resulta necesario conocer el potencial de las fuentes renovables que se pueden introducir. El potencial solar de la provincia se encuentra estudiado hasta la escala de cantones y parroquias (Rodríguez & Vázquez, 2018). Los datos que se poseen constituyen una información potencial para definir las fuentes más adecuadas para su aprovechamiento energético en lo económico, ambiental y social.

A pesar de que en muchos casos no se tiene en cuenta la infraestructura necesaria constituye un factor de especial interés, porque puede viabilizar la aplicación de las tecnologías renovables, a su vez que potenciar la instalación y mantenimiento del tipo de fuente seleccionada. Se deben considerar varios factores como: la necesidad financiera, la ubicación geográfica, el tipo de fuente renovable y la demanda energética local (Barragán-Escandón, Zalamea, Terrados, & Vanegas, 2019).

La identificación y el trabajo conjunto con los actores locales que intervienen en el proceso constituye un requisito esencial para lograr la articulación de una propuesta coordinada entre el sector público y privado, así como las organizaciones no gubernamentales. Todos deben estar preparados y aportar sus puntos de vista para lograr el objetivo trazado que viabilice y estimule la aplicación de políticas públicas y estrategias (Instituto de Investigación geologico y energético , 2018). De no existir se deben trazar las pautas para que su desarrollo incentive el proceso de inversión en alternativas energéticas limpias y promover su adopción por parte del sitio seleccionado.

Cualquier tipo de inversión debe tener implícito el estudio de impactos asociados en el caso de la intervención en el territorio con fuentes de energía limpias, de manera que potencien el desarrollo local sostenible.

Se debe considerar con especial cuidado la consulta de las propuestas con los actores y la sociedad para lograr que estén implicados en el proyecto. Todo ello para procurar una repercusión positiva durante la aplicación de los proyectos basados en el aprovechamiento de las fuentes renovables, lo que permitirá realizar los ajustes que sean necesarios para que se cumplan los objetivos trazados y lograr la sostenibilidad de la tecnología seleccionada.

La construcción del modelo teórico para la introducción de las energías limpias en interés de lograr el desarrollo energético sostenible implica una evaluación cuidadosa de los recursos y necesidades de la comunidad local, así como una planificación estratégica y colaborativa con los actores que intervienen en el proceso, lo que depende de las

condiciones y características de cada territorio, pudiendo ser herramientas adecuadas para los gobiernos en la toma de decisiones.

En este contexto la generación distribuida en la provincia de Manabí puede desempeñar un rol adecuado, no solo para las instalaciones de autoconsumo en el horario del día, sino también en las viviendas aisladas que hoy no cuentan con los servicios de energía eléctrica, pues existe un alto potencial de radiación solar como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Potencial solar diario promedio anual de la provincia de Manabí

Como se observa existen altos potenciales de radiación solar que puede aprovecharse en la diversificación de la matriz energética introduciendo sistemas que aprovechen este potencial ya sea en áreas urbanas o aisladas.

## CONCLUSIONES

Se presenta un modelo teórico para la toma de decisiones en un programa de generación distribuida que logra potenciar el desarrollo sostenible en la provincia de Manabí.

La realidad del panorama energético actual debe ser cambiada para que las nuevas generaciones tengan un hogar seguro energéticamente en la provincia de Manabí, mediante

el empleo de tecnologías limpias y condiciones ambientales adecuadas.

## REFERENCIAS

(CEPAL), C. E. (2019). *Los incentivos fiscales a las empresas en América Latina y el Caribe.* Oxfam Internacional. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44787/1/S1900605_es.pdf

Aguiñaga, M. (2012). *Estrategia del cambio climático del Ecuador (2012-2025).* Ministerio del Ambiente (MAE). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIO-CLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf

Barragán-Escandón, E., Zalamea, E., Terrados, J., & Vanegas, P. (2019). Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad. *EURE (Santiago), 45*(134), 259-277. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000100259

Berenguer, M. R., Deás, D., Arias, R., Hernández, N. R., & Prada, J. (2019). Potenciales para la diversificación de la matriz energética del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. *Energética, 40*(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012019000100014&lng=es&nrm=van&tlng=es

Boehm, S., & Schumer, C. (2023). *WRI México.* https://wrimexico.org/bloga/10-grandes-hallazgos-del-informe-del-ipcc-de-2023-sobre-el-cambio-clim%C3%A1tico

Campos, A. F., & Mendoza, J. O. (2018). Tendencias del cambio climático en la Demarcación Hidrográfica de Manabí. *Revista RIEMAt, 3*(1). https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=292986

Cardona, A. J. (2019). *La tendencia actual de los glaciares andinos es de retroceso acelerado.* Mongabay. Obtenido de https://es.mongabay.com/

Clemente, A. (2019). Riesgo del cambio climático para la pesca artesanal y el turismo comunitario en el Golfo de Montijo, Panamá. *Cuadernos de Investigación UNED, 11*(1), 62-70. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662019000100062

Díaz, N., Mora, L., & Durán, M. (2019). Las bases del cambio de la matriz productiva en Ecuador (2006-2016). *Universidad y Sociedad, 11*(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400377

El Comercio. (2022). Agro en Ecuador, afectado por La Niña, lluvias y cambio climático. https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/agro-ecuador-afectacion-fenomeno-nina-cambio-climatico.html

Energypedia. (2016 ). *Mecanismos de apoyo a las energías renovables: tarifas de alimentación y subastas*. https://energypedia.info/wiki/Renewable_Energy_Support_Mechanisms:_Feed-In_Tariffs_and_Auctions

Geoportal institucional. (2023). *Geoportal*. http://geoportal.utm.edu.ec/

Golledge, N. (2021). *Informe IPCC: La subida del nivel del mar y el deshielo de los glaciares ya son irreversibles, pero podemos frenarlos.* IPCC. https://theconversation.com/informe-ipcc-la-subida-del-nivel-del-mar-y-el-deshielo-de-los-glaciares-ya-son-irreversibles-pero-podemos-frenarlos-165832

Hernández, H., Jiménez, A., & Mendoza, D. (2022). Energía renovable y el derecho internacional energético. *Justicia, 27*(41), 150-160. doi:https://doi.org/10.17081/just.27.41.5997

Instituto de Investigación geologico y energético . (2018). *Plan estrategico internacional 2018-20121.* https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/02/pei_IGE_2018_2021_diciembre_2019.pdf

Internacional, A. (2023). *CAMBIO CLIMÁTICO*. https://www.amnesty.org/es/what-we-do/climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjw9J2iBhBPEiwAErwpeQpUA8XwYs--KyD85OQLDvJYvukEUUpp9RmhO8nnmcGrvghj66ktzxoCFlcQAvD_BwE

IRENA. (2023). *World Energy Transitions Outlook 2023.* Agencia Internacional de Energía Renovable, Abu Dhabi. www.irena.org/publications

Iturralde, L. A., Jiménez, R., Molina, E., & Álvarez, A. L. (2022). Potencialidades de generación fotovoltaica sobre la cubierta del edificio CRAI de la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad, 27*(41), 150-160. doi:https://doi.org/10.17081/just.27.41.5997

Kleypas, J. a. (2019). El cambio climático y los ecosistemas marinos tropicales: una revisión con énfasis en los arrecifes de coral. *Cuadernos de Investigación UNED, 11*(1), 24-35. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-42662019000100024&script=sci_abstract&tlng=es#:~:text=Este%20calentamiento%20est%C3%A1%20causando%20que,habit%C3%BAan%20los%20arrecifes%20de%20coral

Lemus, A., Carrión, D., & Aguirre, E. y. (2022). Localización de recursos distribuidos en redes eléctricas rurales-urbanas marginales considerando el índice de predicción de colapso de tensión. *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología, 28*, 25-33. doi: https://doi.org/10.17163/ings.n28.2022.02

López Suarez, A. (2020).www.portafolio.co/economia/la-importacion-de-energia-desde-ecuador-crecio-en-mas-del-50-541352

López, A., & Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico, 83*(332). doi:https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231

Mártil de la Plaza, I. (2021). *El reto de la energía: la transición hacia un nuevo modelo energético.* https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/el-reto-de-la-energia-la-transicion-hacia-un-nuevo-modelo-energetico/

Mendoza,, J., Garcia, K., Salazar, R., & Vivanco, I. (2019). La Economía de Manabí (Ecuador) entre las sequías y las inundaciones. *revista Espacios, 40*(16), 10. Obtenido de https://www.revistaespacios.com/a19v40n16/19401610.html

Orozco, M. (2022). *Exportaciones de electricidad caen 63% en 2021, pero se recuperarán*. https://www.primicias.ec/noticias/economia/ecuador-exporto-menos-electricidad-colombia-peru/

Pacheco, F. (2018). *Modelo de gestión estratégica para la industria de energías renovables.* https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6451/1/T2761-MBA-Pacheco-Modelo.pdf

Patricio Villa, M., Crespo, L., & Cruz, J. (2021). Biocombustibles, una alternativa ecológica para el desarrollo sostenible en el Ecuador provincia de Imbabura. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, 8*(3). https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2719.

PNUD, Ecuador. (2023). *Gobierno del Ecuador presenta el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNA).* https://www.undp.org/es/ecuador/noticias/gobierno-del-ecuador-presenta-el-plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pna

Primicias. (2023). *El Niño: Balnearios y casas en la playa sufrirán por aumento en nivel del mar*. https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/fenomeno-nino-mar-ecuador/: https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/fenomeno-nino-mar-ecuador/

Quispe, L., & Sotomayor, G. (2022). Determinación y análisis temporal de la radiación solar global en el Altiplano de Puno. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 30*(1), 69-81. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000100069

Ramirez, A. M. (2022). *Abundancia y riqueza de especies de la familia Dictyotaceae (Phaeophyta) en dos arrecifes de la costa norte de Quintana Roo .* Tesis. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3789/3/tesis_Andrea%20Michelle%20Ram%C3%ADrez%20Castillo_07%20nov%20 2022.pdf

Rodríguez, M., & otros, y. (2022). *Una geoweb para el desarrollo sostenible.* Ediciones UTM. https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/component/content/article/24-libros/748-una-geoweb-para-el-desarrollo-sostenible?Itemid=101

Rodríguez, M., & Vázquez, A. (2018). *La energía fotovoltaica en a provincia de Manabí.* Universidad Técnica de Manabí. https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/index.php/component/content/article?id=713:la-energia-fotovoltaica-en-la-provincia-de-manabi

Rojas, P. J., & Pabón, J. D. (2015). Sobre el calentamiento y la acidificación del océano mundial y su posible expresión en el medio marino costero colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc, 39*(151), 201-217. doi:http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.135

Sierra, Y. (2023). *Mongabay*. Obtenido de https://es.mongabay.com/2023/03/informe-ipcc-que-le-espera-a-america-latina-con-el-aumento-de-la-temperatura-global/

Smart Villages (OLADE). (2017). *Recursos energéticos sostenibles para la gestión del riesgo y la resiliencia de las comunidades en América Latina y el Caribe.* https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00620.pdf

Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón, D., Merizalde, M., Reyes, D., Viera, M., & Heredia, M. (2020). Cambio climático según ls academicos ecuatorianos. Percepciones versus hechos. *La Granja, 31*(1). https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/31.2020.02

Vega, S. A., Malla, C. C., & Bejarano, H. F. (2020). Evidencias del cambio climático. *Revista Científica Agroecosistemas, 8*(1), 72-76. https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/388

# UNA ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE FORMACIÓN DE COMPETENCIAS, EN EL MARCO DEL APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ESTUDIANTE

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Viviana Lucia Gasull**
Universidad Nacional de San Luis
San Luis - Argentina

**Claudio Ariel Savini**
Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes - Argentina

**Patricia Beatriz Gimeno**
Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes - Argentina

**RESUMEN:** La formación de competencias es un proceso que se lleva a cabo de manera incremental y a lo largo de las carreras, en este contexto la evaluación de competencias no solo constituye una evidencia de habilidades y capacidades adquiridas en una materia para determinada competencia, sino que constituye el punto de partida para el siguiente espacio curricular que aporte a esta competencia. Por su parte la enseñanza centrada en el estudiante coloca a este en el centro del proceso de aprendizaje, donde toma un papel más activo, adquiere mayor responsabilidad en el proceso, desarrolla su autonomía e independencia y construye su propio conocimiento. La evaluación adquiere una nueva dimensión, dado que, si bien el objetivo de la evaluación es la valoración de la calidad de aprendizaje conseguido por el estudiante, esta debe permitir además valorar si el estudiante ha alcanzado, no sólo los conocimientos sino también las competencias previamente definidas por el profesor para una materia concreta. Dentro de los cambios de la evaluación se incorpora a los estudiantes en estos procesos, como una forma de que estos se apropien de los objetivos y criterios del aprendizaje y su evaluación. En este trabajo proponemos la elaboración de una estrategia para la implementación y evaluación del proceso de formación de competencias centrado en el estudiante.

**PALABRAS CLAVE**: Evaluación de competencia; Enseñanza centrada en el estudiante; Estrategia de implementación

## A STRATEGY FOR THE IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF THE SKILLS TRAINING PROCESS, WITHIN THE FRAMEWORK OF STUDENT-CENTRED LEARNING

**ABSTRACT:** Competencies training is a process that is carried out incrementally

and throughout careers, in this context the evaluation of competencies not only constitutes evidence of skills and abilities acquired in a subject for a given competence, but constitutes the starting point for the next curricular space that contributes to this competence. On the other hand, student-centered teaching places students at the center of the learning process, where they take a more active role, acquire greater responsibility in the process, develop their autonomy and independence and build their own knowledge. The evaluation acquires a new dimension, given that although the objective of the evaluation is the assessment of the quality of learning achieved by the student, it must also allow assessing whether the student has achieved not only the knowledge but also the previously defined competences by the professor for a specific subject. Within the changes of the evaluation, students are incorporated into these processes, as a way for them to appropriate learning objectives and criteria and their evaluation. In this paper we propose a strategy elaboration for the implementation and evaluation of competences formation process focused on the student.
**KEYWORDS:** Competencies evaluation; Student centered teaching; Implementation strategy

## 1 I MARCO TEÓRICO

Jack Lohmann, presidente de la American Society of Engineering Education, presentó una lista de cualidades que los "ingenieros globales" deberán poseer: El profesional del mundo globalizado debe ser un profesional sensitivo a las culturas, con conciencia social y astucia política, poseedor de un conocimiento amplio, con capacidad y disposición para aprender durante toda la vida, participante de equipos multidisciplinarios, un comunicador efectivo, con capacidad para hablar en lenguas extranjeras, sólidamente ético, innovador, emprendedor, flexible, con capacidad y disposición a movilizarse (Lohmann, J., 2008)

La evolución de la sociedad plantea la necesidad de desarrollar un nuevo modelo educativo que considere los procesos cognitivo-conductuales como comportamientos socio afectivos (aprender a aprender, aprender a ser y convivir), las habilidades cognoscitivas y socio afectivas (aprender a conocer), psicológicas, sensoriales y motoras (aprender a hacer), que permitan llevar a cabo, adecuadamente, un papel, una función, una actividad o una tarea (Delors, 1997), por lo que el conocimiento debe ser el producto de contenidos multidisciplinarios y multidimensionales (Frade, 2009), que demanden una acción personal de compromiso, en el marco de las interacciones sociales donde tienen y tendrán su expresión concreta. Frente a este escenario se debe reconocer la importancia del desempeño docente para crear y adecuar diversos métodos didácticos que orienten el desarrollo de sus competencias (Delors, 1997) y su aplicación al contexto sociocultural, donde la evaluación se transforme en una herramienta que procure la mejora del educando y del proceso educativo en general, en vez de ser un mecanismo de medición y de castigo

En la República Argentina, las carreras de ingeniería se encuentran inmersas en una profunda transformación en vistas a adoptar un modelo de formación centrado en el estudiante. En este contexto, la Facultad de Ingeniería y Cs. Agropecuarias (FICA) de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), se decidió incorporar nuevas estrategias

de enseñanza aprendizaje, seleccionando aquellas que favorecen la formación centrada en el estudiante, así como la adquisición y fortalecimiento de competencias genéricas y transversales, lo que trajo aparejado modificaciones en las estrategias e instrumentos de evaluación.

En argentina buscando asegurar la calidad de la formación en las carreras de ingeniería el CONFEDI (CONFEDI, 2018) establece los siguientes objetivos:

- Actualizar y consolidar el actual modelo de formación de ingenieros.
- Consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante.
- Definir un modelo comparable internacionalmente.
- Definir un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento.
- Asegurar el cumplimiento de las actividades reservadas definidas para cada título.

### 1.1 Modelado

Los modelos de proceso, son diagramas de flujo extendido con suficiente información para que el proceso pueda ser analizado, simulado, y/o ejecutado.

Nos permite ver de una forma gráfica todas las tareas de un proceso, así como las diferentes relaciones entre personas y tareas que existen. De tal manera que se puede visualizar puntos de sobrecarga de trabajo, actividades repetidas, permitiendo analizar y optimizarlo para mejorar la efectividad y calidad del mismo.

En el desarrollo de la propuesta se utiliza el estándar Business Process Modeling Notation (BPMN), este estándar para el modelado de procesos de negocio y servicios web, es una notación a través de la cual se expresan los procesos de negocio en un diagrama de procesos de negocio (BPD), este estándar permite tanto la planificación y gestión del flujo de trabajo, como el modelado y la arquitectura.

Una de las principales características de BPMN que motivó su selección es que proporciona un lenguaje gráfico común, con el fin de facilitar su comprensión a los usuarios de negocios.

## 2 I DESARROLLO

### 2.1 Elaboración del Mapa de competencias

El primer paso en la implementación de la estrategia es la elaboración de un mapa de competencias, el cual se constituye en el elemento rector de la implementación de la estrategia, en este se reflejan los aportes que los distintos espacios curriculares hacen a la formación de cada una de las competencias genéricas y específicas definidas para

las distintas carreras de ingeniería, como así también de aquellas competencias propias de los perfiles que se definan para las mismas. La elaboración de este mapa se lleva a cabo de manera colaborativa entre los distintos docentes de los espacios curriculares y las comisiones de carrera.

### 2.1.1 Proceso

En el siguiente diagrama de procesos (Figura 1) se describe el procedimiento para la elaboración del mapa de proceso y la interacción de las distintas partes involucradas en su desarrollo.

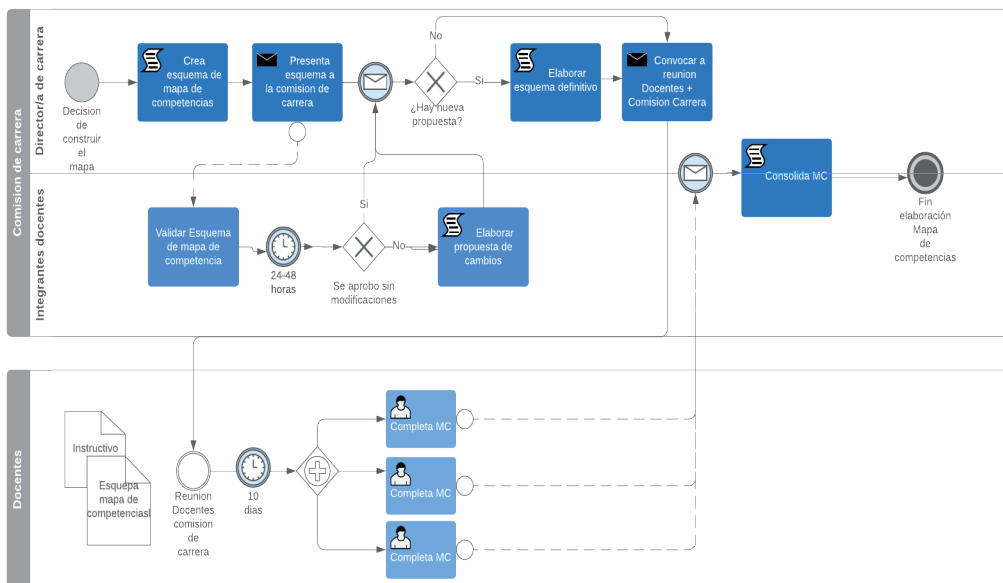



Figura 1 - Procedimiento elaboración del mapa de proceso

### 2.1.2 Instrumento

El mapa de proceso (Tabla 1) es el instrumento rector de toda la estrategia, consiste en una tabla de doble entrada, por un lado, las competencias definidas para cada carrera, agrupadas de acuerdo a las definiciones adoptadas por las autoridades que rigen la educación superior, en el caso de Argentina, genéricas y específicas.

| COMPETENCIAS DE EGRESO DEL INGENIERO I | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MATERIAS | | | | | | | | | |
| | | Ciencias básicas | | | Tecnologías Básicas | | | Tecnologías aplicadas | | | PPS |
| | | Materia B.I | ,,, | Materia B.III | Materia TB.I | ,,, | Materia TB.III | Materia TA.I | ,,, | Materia TA.III | |
| COMPETENCIAS GENERICAS | C 1.1 | | | | | | | | | | |
| | C 1.2 | | | | | | | | | | |
| | ,,, | | | | | | | | | | |
| | C 1.10 | | | | | | | | | | |
| COMPETENCIAS ESPECIFICAS | C 2.1 | | | | | | | | | | |
| | C 2.2 | | | | | | | | | | |
| | ,,, | | | | | | | | | | |
| | C 2.6 | | | | | | | | | | |

Tabla 1 - Mapa de procesos

### *2.1.3 Evidencia que se obtienen*

El mapa de competencias permite identificar qué materias aportan a la formación de cada competencia, así mismo permite identificar aquellas competencias que al momento son escasamente cubiertas por las asignaturas de los planes de estudio actuales y aquellas competencias a las que se aporta desde varias asignaturas. Es decir, permite identificar tanto el déficit en la formación como la redundancia.

## 2.2 Generación de rúbricas por competencia/carrera

El siguiente paso, es la elaboración de las rúbricas de evaluación de competencias, mediante indicadores los cuales están definidos en 2 niveles, el nivel básico se refiere al conocimiento que el estudiante posee, necesario para desarrollar la habilidad pretendida, el segundo nivel es el modo en que aplica el conocimiento o la destreza en diferentes situaciones. Los responsables de la elaboración de las rúbricas son las comisiones de carrera conjuntamente con los equipos docentes que, según el mapa de competencias, aportan a la formación de la misma.

Si bien existe un documento marco en el cual se desglosa cada una de las competencias teniendo en cuenta las carreras, es importante que cada institución establezca y consensue las rúbricas propias de la institución y que su elaboración parta

de un consenso amplio entre los actores involucrados. Esto permitirá por un lado una rica discusión institucional, niveles de acuerdo indispensables para el proceso en marcha, apropiación y compromiso de los involucrados en su despliegue. Otro aspecto importante es que mediante este proceso se podrá establecer la progresividad y alcance para las competencias específicas vinculadas al perfil de los títulos, dando visibilidad a quienes y en qué intensidades aportarán a su formación.

### 2.2.1 Proceso

En el siguiente diagrama de procesos (Figura 2) se describe el procedimiento para la elaboración de las rúbricas por competencia/carrera, así como la interacción de las distintas partes involucradas en su desarrollo.

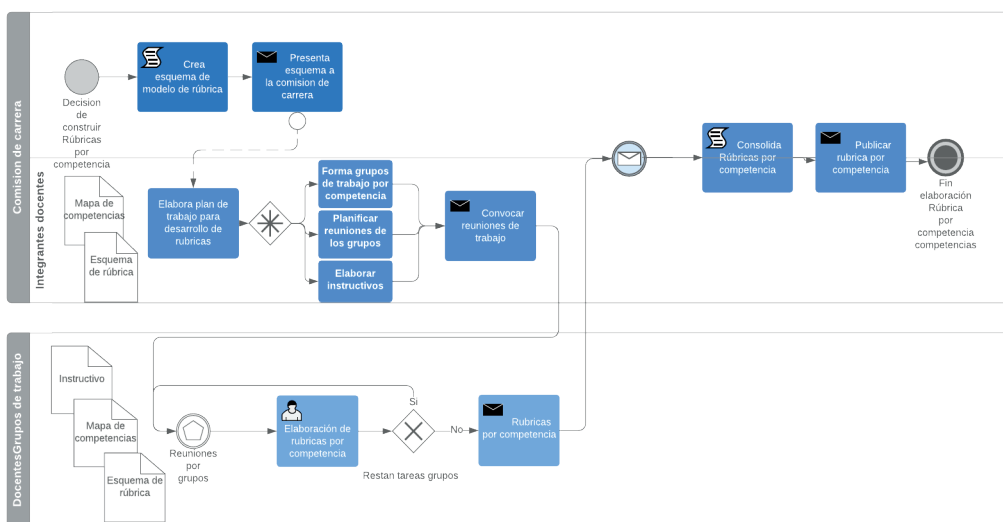



Figura 2 - Procedimiento para la elaboración de las rúbricas por competencia/carrera

### 2.2.2 Instrumento

El instrumento utilizado es una tabla de doble entrada (Tabla 2), para cada competencia/ingeniería, cabe destacar que aun tratándose de la misma competencia el alcance e intensidad puede variar entre titulaciones.

Para aportar claridad definimos nivel de dominio como el nivel de profundidad en el trabajo de una competencia. Los indicadores son referentes que sirven para valorar el desempeño describiendo el logro de capacidades y actitudes en diversos niveles. Los descriptores permiten establecer, de forma gradual, niveles de alcance de los indicadores.

Los niveles de dominio propuestos son dos, el nivel I, básico, se refiere al conocimiento que el estudiante posee, necesario para desarrollar la habilidad pretendida, el nivel II es el modo en que aplica el conocimiento o la destreza en diferentes situaciones.

| COMPETENCIA C.X.X - INGENIERÍA X | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Descriptores | | | | |
| | Indicadores | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| NIVEL DE DOMINIO I | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| NIVEL DE DOMINIO II | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Tabla 2 - Tabla para la generación de rúbricas por competencia/carrera

### *2.2.3 Aporte de esta herramienta*

El desglose de cada competencia, la definición de indicadores y descriptores, permite establecer la progresividad en el logro de las competencias, como así también ajustarlas al alcance del título y al perfil de egreso de cada carrera.

## 2.3 Generación de la matriz de aporte al logro de las competencias

En este paso, se cuenta con el desglose de cada competencia, en este los docentes de cada asignatura que aportan al logro de una competencia (de acuerdo al Mapa de Competencia), explicitan la intensidad de la formación de esa competencia.

### *2.3.1 Proceso*

En el siguiente diagrama de procesos (Figura 3) se describe el procedimiento para la elaboración de la matriz de aporte al logro de las competencias, así como la interacción de las distintas partes involucradas en su desarrollo.

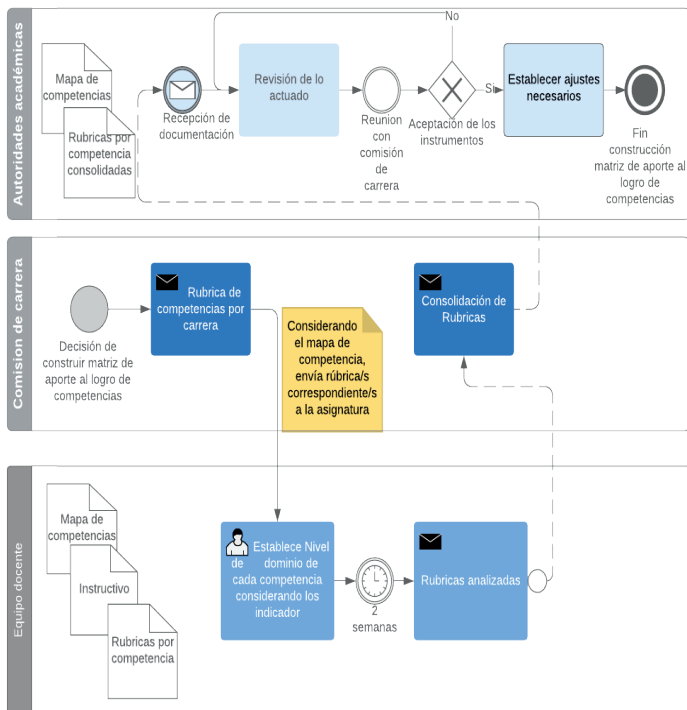



Figura 3 - Procedimiento para la elaboración de la matriz de aporte al logro de las competencias

### *2.3.2 Instrumento*

Si establecemos una categorización de los descriptores considerando que 1 corresponde a inicial, 2 (básico), 3 (medio), 4 (avanzado) y 5 (consolidado), pudiendo establecerse un conjunto de iconos y/o colores adecuados, este instrumento (Tabla 3) es la consolidación de los anteriores.

| | | Ciencias básicas de la Ingeniería | | | Tecnologías Básicas | | | Tecnologías aplicadas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Competencia X** | | | | | | | | | | | |
| **Niveles** | **Indicadores** | Materia $B_1$ | … | Materia $B_n$ | Materia $TB_1$ | … | Materia $TB_n$ | Materia $TA_1$ | … | Materia $TA_n$ | PPS |
| **Nivel de dominio i** | I N1.1 | | | | | | | | | | |
| | I N1.2 | | | | | | | | | | |
| | I N1.3 | | | | | | | | | | |
| | I N1.4 | | | | | | | | | | |
| **Nivel de dominio ii** | I N2.1 | | | | | | | | | | |
| | I N2.2 | | | | | | | | | | |
| | I N2.3 | | | | | | | | | | |
| | I N2.4 | | | | | | | | | | |

Tabla 3 - Matriz de aporte al logro de las competencias (ejemplo)

### 2.3.3 *Evidencias que se obtienen*

Esta etapa pone luz sobre la necesidad de articulación entre asignaturas para cada competencia. A su vez esta herramienta establece las bases para la evaluación y demostración de las habilidades, destrezas y capacidades que una materia aporta y que otra demanda para construir sobre lo aprendido.

## 2.4 Selección de métodos de enseñanza y estrategias de evaluación acordes a la formación por competencias

Se propone la elección de metodologías de enseñanza aprendizaje centradas en el estudiante y el desarrollo de herramientas de autoevaluación y coevaluación, las mismas deben ser acordes a los niveles e indicadores plasmados en las rúbricas y a los resultados de aprendizaje establecidos por cada asignatura.

### 2.4.1 *Proceso*

En el siguiente diagrama (Figura 4) de procesos se describe el procedimiento para la elaboración del material didáctico de la materia

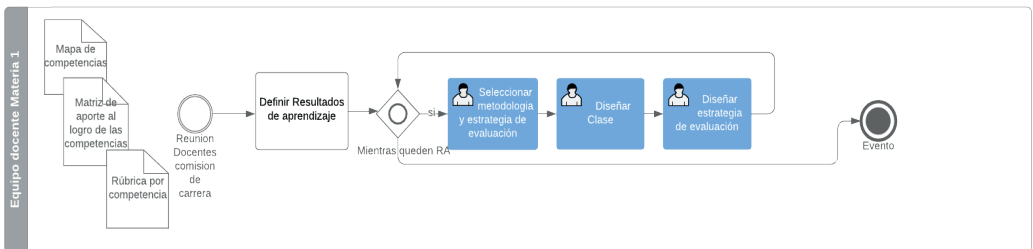



Figura 4 - Procedimiento para la elaboración del material didáctico de la materia

### 2.4.2 *Evidencias que se obtienen*

Entender el aporte de cada asignatura a la formación de los estudiantes, en el contexto de la formación centrada en el estudiante, permite definir los resultados de aprendizaje esperados, acordes a las competencias a las cuales se aporta. Una vez definidos estos RA se ha de seleccionar las mejores metodologías de enseñanza y estrategias de evaluación que permitan medir el logro.

## 2.5 Alimentación de la Rúbrica de competencia por estudiante

La formación centrada en el estudiante y el logro de competencias requiere una mirada individual de cada estudiante tanto en el transcurrir de cada asignatura como a lo largo de la carrera.

La formación de una competencia es una tarea colectiva de los docentes que aportan

a la misma, requiere de articulación horizontal y vertical de las actividades de aprendizaje.

El seguimiento continuo requiere contar con una herramienta de seguimiento, cuanto mejor si la misma es automatizada.

### *2.5.1 Proceso*

En el siguiente diagrama de procesos (Figura 5) se describe el procedimiento de seguimiento de cada estudiante, suponiendo que se cuenta con una herramienta que permita plasmar las evidencias del aprendizaje de cada estudiante.

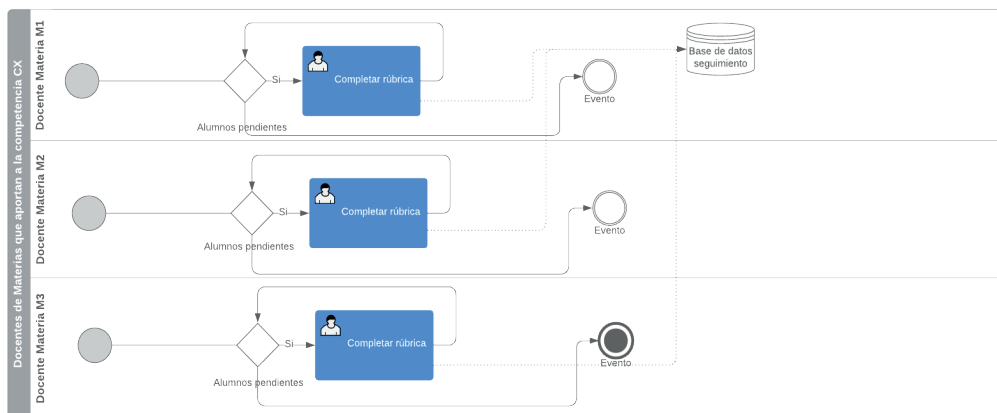



Figura 5 - Procedimiento de seguimiento de cada estudiante

## 2.6 Seguimiento o monitoreo

El enfoque basado en procesos que se propone en la presente estrategia, requiere un seguimiento y medición de los procesos con el fin de conocer los resultados que se están obteniendo y si estos resultados cubren los objetivos previstos.

El seguimiento permite verificar la implementación de los cambios y en caso de ser necesario orientar las mejoras.

### *2.6.1 Instrumento.*

El seguimiento debe obtener información de los distintos actores, estudiantes, docentes, comisiones de carrera.

Las herramientas que se proponen son encuestas y/o entrevistas a estudiantes, seguimiento de programas y planificaciones y rúbricas por estudiante, feedback de los docentes de materias correlativas para establecer la correlación entre lo demandado y lo producido.

## 2.7 Recopilación de evidencias externas

Finalmente se lleva a cabo el diseño de encuestas y entrevistas que permitan recoger el feedback de los distintos actores del medio entre los cuales encontramos los estudiantes egresados, las empresas o instituciones empleadoras, estas pretenden recuperar información relacionada al tercer nivel de competencia el cual indica el modo en que la persona es capaz de integrar la destreza o habilidad en alguno de los ámbitos ya sea académico, interpersonal, social o laboral.

### *2.7.1 Evidencia que se obtiene*

Esta parte final del proceso aporta una mirada externa y objetiva del resultado del proceso de formación llevado a cabo, de las competencias desarrolladas por los estudiantes, sus destrezas y habilidades. Permiten conocer tanto las fortalezas como los posibles déficits, nuevamente si bien esta mirada es sobre cada uno de los estudiantes ahora profesionales, esta constituye una oportunidad para la institución de realizar ajustes que se consideren necesarios a partir de la retroalimentación recibida.

## 3 I CONCLUSIONES

La construcción de un nuevo modelo educativo centrado en el estudiante, que promueva el desarrollo de sus competencias, representa un reto para cada una de las instituciones educativas y requiere de una estrategia que involucre a todos y cada uno de los actores del proceso de formación, cabe destacar la importancia de la evaluación continua como una de las claves para el logro de la calidad.

## REFERENCIAS


Lohmann, J. (2008). Global Engineering Excellence: The Role of Educational R&D. 36th Annual Brazilian Congress of Education in Engineering, Brazil,.

http://www.provost.gatech.edu/subjects/lohmann/resources/COBENGE 2008 12 Sep 08.pdf

Delors, J. (1997). La educación encierra un tesoro. México: UNESCO.

Frade, Laura. (2009). Desarrollo de competencias en educación: desde preescolar hasta el bachillerato. México, DF. Inteligencia Educativa

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de República Argentina (CONFEDI) (2018) Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo de CONFEDI”. Recuperado de https://confedi.org.ar/librorojo/

## CAPÍTULO 4

# EL ARTE COMO MEDIADOR DE SIGNIFICADOS EN EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Hilda María Ameneyro María Ameneyro**
Instituto Tecnológico de Apizaco.

**Alfonso Soto Sánchez**
Universidad Autónoma de Tlaxcala

**Judith Díaz Domínguez**
Instituto Tecnológico de Apizaco.

**RESUMEN:** Las matemáticas y el arte se consideran disciplinas totalmente opuestas, sin embargo los matemáticos, al igual que los artistas han encontrado que tienen diversos puntos en común. Los artistas, en general, imitan a la Naturaleza, pues los pintores reproducen paisajes, rostros humanos, animales, árboles, montañas, etc.; los arquitectos, al darle forma a los edificios, o diseñar escaleras, imitan cactus, olas del mar o cefalópodos. Unos y otros han percibido que los seres vivos crecen formando patrones, basta observar las espirales que forman las rosas, las coliflores, los alcatraces, las galaxias o los caracoles. Tales espirales se encuentran inscritas en rectángulos áureos que van siendo más grandes, conforme va creciendo el ser, siempre conservando su proporción áurea, y acordes a la serie de Fibonacci. En el presente trabajo se muestra cómo se ha considerado la relación que existe entre las Matemáticas y el Arte, aprovechándola para mediación de significados, al abordar temas como Series, Forma Polar y Exponencial de un Número Complejo, Transformaciones Lineales, Raíces de Polinomios, Ondas, Gráficas de Funciones, Trigonometría, Centroides de Áreas Planas, Sólidos de Revolución, Coordenadas cilíndricas, Campos Vectoriales, Perspectivas, programación, algoritmos y otros más, que son contenidos de asignaturas como Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Física, Estática, Electricidad y Magnetismo, Dibujo asistido por Computadora, y Álgebra Lineal, entre otras, que son contenidos de asignaturas que se imparten en las distintas carreras del Instituto Tecnológico de Apizaco. Tal relación ha resultado altamente motivante para los alumnos, más aún, ha sido útil en el desarrollo de competencias actitudinales, como percepción clara y reducción de impulsividad. Todo a través del análisis de obras clásicas, como la Venus de Sandro Boticcelli, La Gioconda de Leonardo da Vinci, Las Meninas de Diego Velázquez y Los Embajadores de Holbein, entre otros.

**PALABRAS CLAVE**: Matemáticas, Enseñanza, Número áureo

**ABSTRACT**: Mathematics and art are considered to be totally opposite disciplines, yet mathematicians, like artists have found to have various points in common. The artists, in general, imitate Nature, because the painters reproduce landscapes, human faces, animals, trees, mountains, etc.; the architects, when giving shape to the buildings, or designing stairs, imitate cacti, waves of the sea or cephalopods. Both have perceived that living beings grow in patterns, it is enough to observe the spirals formed by roses, cauliflowers, gannets, galaxies or snails. Such spirals are inscribed in golden rectangles that become larger, as the being grows, always preserving its golden proportion, and according to the Fibonacci series. I This paper shows how the relationship between Mathematics and Art has been considered, taking advantage of it for mediation of meanings, when addressing topics such as Series, Polar and Exponential Form of a Complex Number, Linear Transformations, Polynomial Roots, Waves, Function Graphs, Trigonometry, Planar Area Centroids, Revolution Solids, Cylindrical Coordinates, Vector Fields, Perspectives, programming, algorithms and more, which are contents of subjects such as Differential Calculus, Integral Calculus, Physics, Statics, Electricity and Magnetism, Computer-assisted Drawing, and Linear Algebra, among others, which are contents of subjects taught in the different courses of the Technological Institute of Apizaco. Such a relationship has been highly motivating for students, moreover, it has been useful in the development of attitudinal competences, such as clear perception and reduction of impulsivity. All through the analysis of classical works, such as Sandro Boticcelli's Venus, Leonardo da Vinci's La Gioconda, Diego Velázquez's Las Meninas and Holbein's Ambassadors, among others.

## 1 I INTRODUCCIÓN

Aparentemente, las matemáticas y el arte son disciplinas completamente opuestas, sin embargo desde la antigüedad se han relacionado, junto con la Naturaleza, a través de la llamada “proporción áurea”, que es la relación que surge entre dos segmentos de recta y que se halla también en la Naturaleza (flores, hojas, frutos, etc.) y en figuras geométricas, y se le otorga una condición estética. (Definición de, 2014). Así, la belleza y la Naturaleza pueden expresarse en términos matemáticos, esto es, Arte y Naturaleza se rigen por ocultos principios matemáticos que generan armonía, equilibrio y belleza. (Corbalán, 2011).

Fig 1. La Gioconda[1]

La espiral de Fibonacci es una espiral que se construye dibujando arcos concéntricos cuyos radios corresponden a la secuencia de Fibonacci (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, …, ), y está presente en La Gioconda de Leonardo (fig 1) o en los edificios de Le Corbusier, pero también en los pétalos de una rosa, en la forma de algunos animales, en los brazos en espiral de las galaxias, prácticamente en todas las cosas del Universo.

El presente trabajo muestra cómo se ha aprovechado la relación Naturaleza-Matemáticas-Arte, para mediar significados durante la enseñanza de diversas asignaturas que cursan estudiantes de Ingeniería, lo que ha sido bastante adecuado, pues ha resultado, incluso sorprendente, gracias a la aparente discrepancia de las Matemáticas y el Arte.

## 2 I MEDIACIÓN DE SIGNIFICADOS

La mediación se refiere a buscar la forma en que los estudiantes puedan captar, codificar y comprender los contenidos, que la enseñanza parta de su realidad (Olaya, 2009); se habla de mediación cuando ciertos objetos del medio humano (materiales o inmateriales) se relacionan con los objetivos.

Durante la mediación, se despliegan acciones organizadas de interacción pedagógica, con la finalidad de promover y facilitar procesos de aprendizaje en los participantes; así, el tratamiento de los contenidos y las formas de expresión de los diferentes temas, tienden a hacer posible el acto educativo (Molina, 2012).

Por su parte, la mediación del significado consiste en presentar las situaciones de aprendizaje de forma interesante y relevante para el estudiante, de manera que se implique activa y emocionalmente en la tarea o actividad, por lo que se media el significado cuando el mediador despierta en el estudiante el interés por la tarea en sí; discute con él acerca de

la importancia que tiene la tarea, y le explica la finalidad que se persigue con las actividades y con la aplicación de las mismas (Sasson, 2005).

El aprendizaje con significado es un proceso que consiste en relacionar la nueva información con la ya existente en la estructura cognitiva. Las cosas y las palabras poseen un significado que va más allá del que el estudiante da por su propia necesidad. Por ello la mediación del significado se refiere, entre otras cosas, a despertar la conciencia y la necesidad de los diversos significados de las palabras y situaciones; a la adquisición de medios que ayuden a distinguir lo subjetivo-particular de lo objetivo-universal de los significados; y a atribuir valores sociales y culturales a diferentes fenómenos, es así que se presentan las situaciones de aprendizaje de forma interesante y relevante para el estudiante, que signifiquen algo para él, que penetren en su propio sistema de significados, posibilitando las relaciones entre los aprendizajes adquiridos (Sasson, 2005).

En el Tecnológico de Apizaco la relación Naturaleza-Matemáticas-Arte se usa para mediar significados en las asignaturas de Ciencias Básicas que se imparten en las carreras de Ingeniería (ver fig 2).

Fig. 2. Asignaturas que se median con el arte.

## Ejemplo 1.

El ejemplo que se muestra a continuación, corresponde al subtema 1.4 “Forma polar y exponencial de un número complejo”, del tema “Números Complejos”, de la asignatura “Álgebra Lineal”, cuyo objetivo es “Familiarizarse con los gráficos de funciones en coordenadas polares”.

Tradicionalmente, se aborda dicho tema, usando las propiedades trigonométricas (Anton, 2008). Se inicia definiendo el número en forma polar; se dan las ecuaciones que relacionan coordenadas cartesianas con coordenadas polares; se resuelven ejercicios consistentes en transformar una serie de números en forma cartesiana, a forma polar, y viceversa.

La forma en que se propone el abordaje consiste en primero, dotar de significado el tema, siguiendo el ciclo Naturaleza-Arte-Matemáticas (ver fig 3).

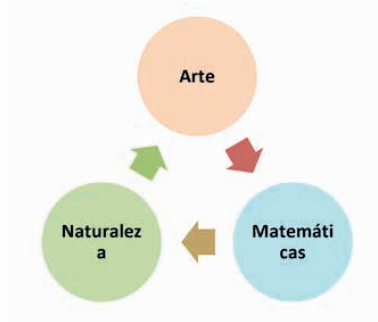



Fig 3. Relación Naturaleza-Matemáticas-Arte

## Arte

Primero, haciendo notar que, en general, los artistas imitan a la Naturaleza, pues, por ejemplo, los pintores imitan paisajes, árboles, frutos, rostros, animales, olas del mar, etc. (ver fig 4).

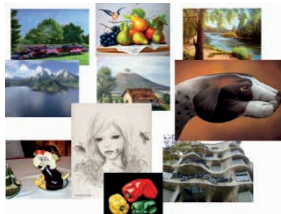



Fig. 4. Los artistas imitan a la Naturaleza[3]

## Naturaleza

Se les hace notar que tanto Matemáticos como artistas han observado que los seres vivos crecen formando patrones, basta observarlos en las coles, en las conchas de algunos moluscos, en los brazos de algunas galaxias, etc. (ver fig. 5)

Fig. 5. Los seres vivos siempre crecen formando patrones[3]

Y que un ejemplo especial es el crustáceo Nautilus (fig 6), el cual, desde su origen, se encuentra inserto en un rectángulo, que va siendo más grande, conforme el crustáceo va creciendo (ver fig 7):

Fig 6. Crustáceo Náutilus[4]

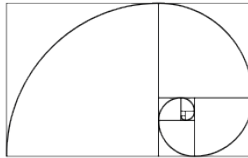



Figura 7. Perfil del crustáceo[5]

## Matemáticas

Ya que se sigue un proceso de mediación, en este punto se les pide que dibujen un rectángulo que consideren "bonito" y calculen la relación: M/m, donde M es la base del rectángulo y m, su altura.

Posteriormente se les habla de los rectángulos en los que se encuentran inscritos los seres vivos, que son llamados áureos, pues si se divide la longitud de su base (M) entre la longitud de su altura (m), se tiene la proporción: $\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{m}} = \emptyset = 1.618$, como se muestra en la figura 8.

Fig 8. Rectángulo áureo

Con el fin de dotar de significado, en este punto se les pide comparen el valor de ϕ que les arrojó el rectángulo que dibujaron, con el valor 1.618.

De tal manera, que el valor de Ø se conserva conforme va creciendo el ser vivo, pues al crecer, se tiene ahora la relación: $\frac{M+m}{M} = \emptyset = 1.618$ (ver fig 9).

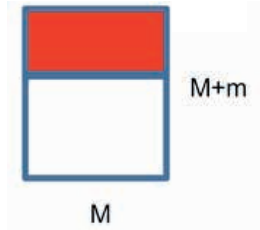



Fig 9. Nuevo rectángulo áureo

Se introducen ahora los conceptos de “Polo”, “Rayo” y Eje polar” (fig 10).

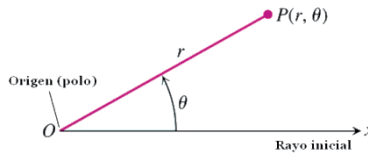



Fig 10. Componentes de coordenadas polares

Se aborda la relación entre coordenadas polares y cartesianas (fig. 11)

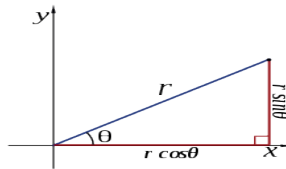



Fig 11. Relación entre coordenadas polares y coordenadas cartesianas.

Y se construyen las ecuaciones que relacionan las coordenadas cartesianas y polares, para lo cual, se les pide a los estudiantes, realicen la siguiente actividad:

Escribe las coordenadas cartesianas x y y en función de las coordenadas polares r, θ, de acuerdo al diagrama de la figura anterior.

x = ______________________________

y = ______________________________

De aquí, ya se pueden construir, a través de un proceso de mediación, las expresiones para transformar coordenadas rectangulares a coordenadas polares:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}, \qquad \theta = tg^{-1}\frac{y}{x}$$

Donde r representa la coordenada radial y θ representa la coordenada angular.

Se les pide luego, que construyan la espiral de Fibonacci a partir de la evolución de un rectángulo áureo.

Posteriormente se les pide que dibujen nuevamente la espiral de Fibonacci en un

sistema de coordenadas polares, a partir de $r=e^{b\theta}$, pero con el factor de crecimiento $b = \phi = 1.618$.

Se les pide también, la dibujen en un paquete graficador. En la figura 12, se muestra en Winplot:

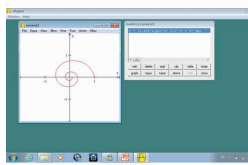



Fig 12. Gráfica de espiral áurea

## Arte

Se les muestra un cuadro ejemplo de anamorfosis. En la figura 13 se muestra "Insecto y Payaso" de la colección de Salvador Dalí:

Fig 13. Insecto y Payaso[6]

Y se sigue un proceso de mediación de cuatro niveles, que inicia con "¿Qué observas?" hasta introducir el concepto de anamorfosis y su relación con la transformación de coordenadas cartesianas-polares.

Una anamorfosis es una pintura o dibujo que ofrece a la vista una imagen deforme y confusa, o regular y acabada, según desde donde se mire, o donde se refleje.

## Matemáticas

Un tipo de anamorfosis es la transformación que produce un conjunto de coordenadas polares que vuelven a sus orígenes cartesianos cuando se ven en espejos cilíndricos.

Anamorfosis es una proyección perspectiva distorsionada que requiere que el espectador ocupe un punto de vista específico o utilice algún instrumento para reconstituir la imagen correctamente.

Anamorfosis viene del griego ἀναμόρφωσις las palabras griegas "Ana - Morfosis" que significan "formado de nuevo" (renovación).

Una anamorfosis es una deformación reversible en una imagen, que permite un

efecto diferente desde un punto de vista privilegiado (Blasco, 2011) (ver fig 14).

Es así que el juego de la anamorfosis practicado por Salvador Dalí. En *Insecto y payaso*, tanto la imagen anamórfica como la reflejada tienen sentido para el espectador, pero son objetos muy distintos.

Fig 14. Se debe mirar la imagen reflejada en un espejo cilíndrico, cónico o piramidal para reconstruir la imagen regular[7]

Se les presenta la diferencia entre el sistema de coordenadas cartesianas, y el sistema de coordenadas polares (ver figs 15 y 16).

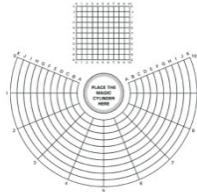



Fig 15. Sistemas de coordenadas cartesiano y polar[8]

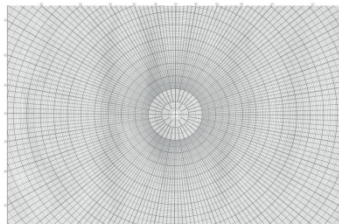



Fig 16. Hoja de papel "polar"

Y se les muestran otros ejemplos de Anamorfosis, como las de la figura 17:

Fig 17. Ejemplos de Anamorfosis[9]

## Naturaleza/ Matemáticas/ Arte

En estos momentos ya están preparados los alumnos para realizar cálculos numéricos, así que se les pide hagan su propia anamorfosis, de una fotografía o dibujo, de la Naturaleza, tomando las coordenadas cartesianas de varios puntos y dibujarlos en un sistema de coordenadas polares, por último, transformar las coordenadas cartesianas a coordenadas polares y dibujarlos en un sistema de coordenadas polares para recuperar la imagen original. La figura 18 muestra una transformación elaborada por el estudiante Evaristo:

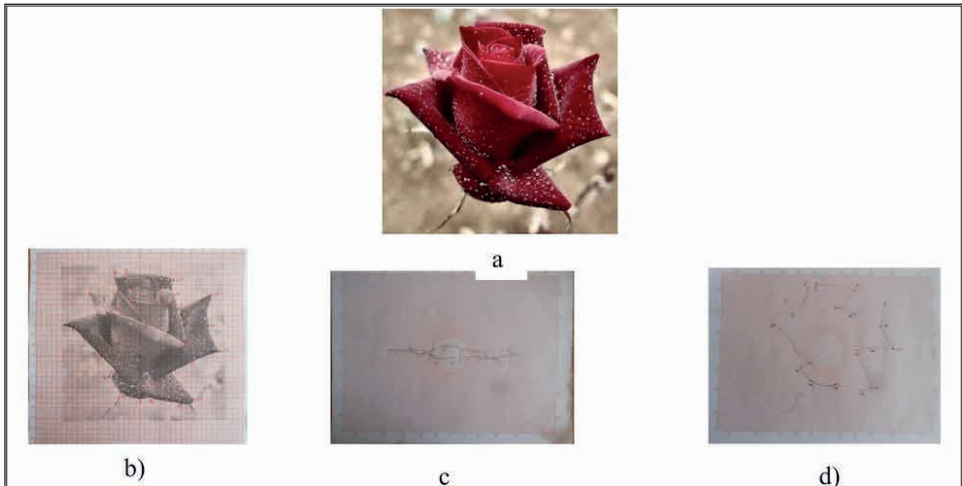



Fig 18. Transformación elaborada por un estudiante. a) Imagen real[10], b) Localización de puntos en el sistema coordenado rectangular, c) Imagen anamorfoseada, d) Recuperación de la imagen

En la figura 19 se muestra el cuadro elaborado por el estudiante Evaristo, para transformar las coordenadas del sistema cartesiano al sistema polar.

| Coordenadas Cartesianas (x, y) | $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ | $\theta = tg^{-1}\frac{y}{x}$ | Coordenadas Polares (r, θ) |
|---|---|---|---|
| (-3.7, 0) | 3.7 | 0 | (3.7, 0) |
| (-4.1, 0.5) | 4.1 | -6.9 | (4.1, -6.9) |
| (-6.5, 2.8) | 7.1 | -23.3 | (7.1, -23.3) |
| (-7.3, 3) | 7.9 | -22.3 | (7.9, -22.3) |
| (-4.2, 4) | 5.8 | -43.6 | (5.8, -43.6) |

Fig 19. Parte del cuadro usado por Evaristo

## CONCLUSIÓN

El aprovechar en primer lugar la estrecha relación que guardan el Arte y las Matemáticas, y en segundo lugar el generalizado desconocimiento de tal relación por el estudiantado, causó sorpresas que condujeron a una gran motivación, al encontrarle significado y restarles aridez a las Matemáticas, por lo que el Arte resultó ser un material muy adecuado para mediar significados al enseñar un tema de Matemáticas.

## REFERENCIAS

Anton, H. (2008). Introducción al Álgebra Lineal. (4ª ed). México: Limusa Wiley.

Blasco, F. (2010). Matemáticas en Dalí. Matematicalia vol 7, num 4. Recuperado el 22 de marzo de 2015, de: http://ribf.riken.go.jp/~dang/paintings/fblasco.pdf

Corbalán, F. (2011). La proporción áurea. España: RBA.

Figueredo, C. A. (2014). La proporción áurea. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado el 9 de Agosto de 2014, de http://licmat.izt.uam.mx/reportes/seminarios/carlos-perea.pdf

Molina, A. (2012). Recuperado el 12 de Agosto de 2014, de http://es.slideshare.net/antoniomolina7568596/mediacion-pedagogica

Olaya, M. (2009). Recuperado el 24 de 06 de 2014, de: http://miambitoeducativo.blogspot.mx/2009/07/significado-y-sentido-de-la-mediacion.html

Sasson, D. (2005). Aprendizaje mediado y educación integral: desarrollo de habilidades a través del arte, Conferencia impartida el 1°. de abril de 2005, en Papalote Museo del Niño, organizada por La Vaca Independiente, Fomento Cultural Banamex y Papalote, Museo del Niño.

1, 4. Tomado de (Figueredo, 2014)

2, 3, 6, 7. Tomado de (Corbalán, 2011)

5. Tomado de:

https://www.google.com.mx/search?newwindow=1&site=&source=hp&q=imagenes+de+espiral+de+fibonacci&oq=imagenes+de+espiral+de+fibonacci&gs_l=hp.3...1743.22820.0.23401.33.30.0.0.0.0.914.4549.0j12j7j6-1.20.0....0...1c.1.64.hp..15.18.3422.0.LcHYq8tVMg4

8. Tomado de:

https://ztfnews.wordpress.com/2010/08/16/anamorfosis-cilindricas/

9. Tomado de:

https://www.google.com.mx/search?q=imagenes+de+a
namorfosis&newwindow=1&tbm=isch&tbo=u&sou
rce=univ&sa=X&ei=OfidVbOeNoGFsAX5hproBQ&ved=0CDEQ7Ak&biw=1024&bih=475

10. Tomado de:

https://www.google.com.mx/search?q=imagenes+de+flores&newwindow=1&tbm=isch&tbo=u&source=u
niv&sa=X&ei=U--dVfHBIIPstQWeiJuoBQ&ved=0CDEQ7Ak&biw=1024&bih=475

http://www.lecturalia.com/libro/50046/la-proporcion-aurea

http://www.lecturalia.com/autor/8531/fernando-corbalan

http://definicion.de/proporcion-aurea/

# CAPÍTULO 5

# NEW EQUIPMENT FOR COMPLEMENTARY PETROPHYSICAL CHARACTERIZATION OF ROCKS FOR DEEP GEOLOGICAL STORAGE

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Pablo Cienfuegos-Suárez**
Department of Mining Exploration, University of Oviedo, 33004, Spain

**Efrén García-Ordiales**
Department of Mining Exploration, University of Oviedo, 33004, Spain

**Antonio Luis Marques Sierra**
Department of Energy, University of Oviedo, 33004, Spain

**Enrique Covián Regales**
Department of Mining Exploration, University of Oviedo, 33004, Spain

**Juan Carlos Ríos Fernández**
Department of Mining Exploration, University of Oviedo, 33004, Spain

**Rodrigo Álvarez García**
Department of Mining Exploration, University of Oviedo, 33004, Spain

**Almudena Ordoñez Alonso**
Department of Mining Exploration, University of Oviedo, 33004, Spain

**ABSTRACT:** The geological storage of $CO_2$ in coal seams is an emerging option in the portfolio of mitigation actions for reduction of atmospheric greenhouse gas concentrations. A background study focused to the selection of favorable sites for $CO_2$ geological storage are necessary steps, and in the selection of reservoirs for $CO_2$ sequestration a complete petrophysical characterization of the sample is necessary. To complement the classical petrophysical parameters measured on the rocks of the geological formation with potential to be used to store the injected $CO_2$, a new equipment has been designed and constructed to simulate at a laboratory scale the inter-action between the rock and the injected $CO_2$, at different pressure conditions simulating depths of the geological formations up to 1 000 meters. The design and construction of this equipment allows us to investigate known physical and chemical processes that occur between the rocks store/seal and the fluid injected into geological storage. Essays focused to study the alterability of the rock in contact with $CO_2$ either in subcritical or supercritical state, as well as essays for $CO_2$ injectivity on the rock can be accomplished.

**KEYWORDS:** equipment; energy; storage.

## 1 I INTRODUCTION

Tests and studies on characterization of rocks have been used to understand the interaction between physical properties, the chemical composition of the rock and the industrial use. The aim is to determine the measurable properties of the rock with special interest in this new industrial application.

Two more interesting aspects of the geometry of space are porosity and the study of the interaction of the rock with supercritical fluid (storage conditions). Therefore, we must consider the status of the rock before and after its contact with fluid, and its behavior, as it is important to determine the new conditions.

New equipment, called RockTest$CO_2$, has been designed to carry out the study of the interaction of fluid in rocks at high pressure conditions, simulating the process that occurs during the injection of $CO_2$ in underground geological formations (Figure 1).

(**a**)

(**b**)

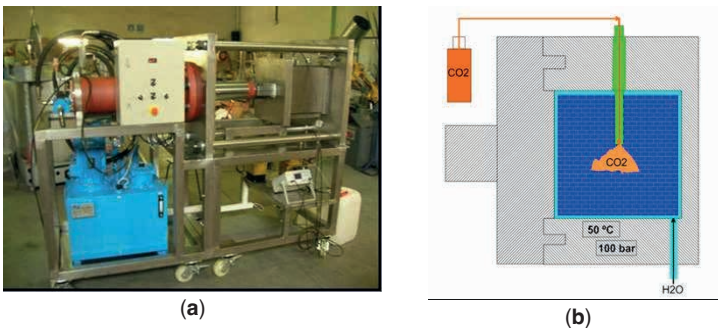



Figure 1. (**a**) Photogram and diagram of operation of test equipment named ROCKTESTCO2; (**b**) Description of what is contained in the second panel. Figures should be placed in the main text near to the first time they are cited. A caption on a single line should be centered. Note: please refer to the figure in the main text.

## 2 I MATERIALS AND METHODS

The first phase consisted on the characterization of technology of fresh rock samples, and in the second phase, will be identical characterization changes after the test. The research began with a petrological study indicates that rock your petrographic analysis, microfractographic, morphological and chemical. Subsequently, we tests of water and mechanical properties parallel. These tests allow us to obtain the value of open porosity of the sample and its degree of saturation, deducted as well as important information geometry its empty spaces (pores and fissures) of great interest in the geological storage of any fluid. The period for the completion of these tests can vary from one to three months, depending on the type of rock. Mechanical tests are faster and they get information that allows determining the elastic constants of tested rocks. New test equipment was necessary to develop the interaction of the rock with fluid.

The central part of the equipment consists of AISI 304 stainless steel chamber with

internal dimensions of 320×320×320 mm, 40 mm thick and an approximate weight of 200 kg. A sample rock is introduced with approximate dimensions of 270×270×270 mm. It also provides two 280×280 mm racks of stainless steel AISI 304 for the fixing of prismatic test specimens of 50 mm square and cylindrical samples with a diameter of 54 mm (Figure 2).

(**a**) (**b**)

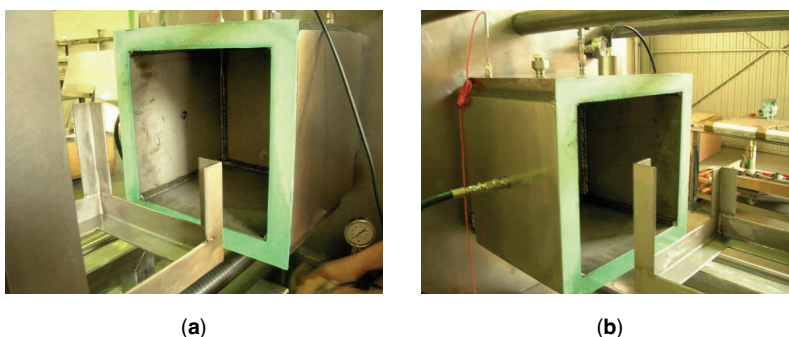



Figure 2. (**a**) Details of stainless steel chamber; (**b**) Description of what is contained in the second panel. Figures should be placed in the main text near to the first time they are cited. A caption on a single line should be centered. Note: please refer to the figure in the main text.

The fluid is introduced into the chamber by a rod directly embedded into a drill that will have been previously done on the rock (figure 3a), and it is inserted through the central part. The water enters the bottom of the camera. There are two metering pumps Dosapro mark MILTON ROY©(Figure 3b), with a flow rate up to 7.5 l/ h, a pressure up to 300 bar and a AISI316L stainless steel dispenser. These two pumps are lubricated in oil in a waterproof cap and speed reducers are built into the mechanics.

(**a**) (**b**)

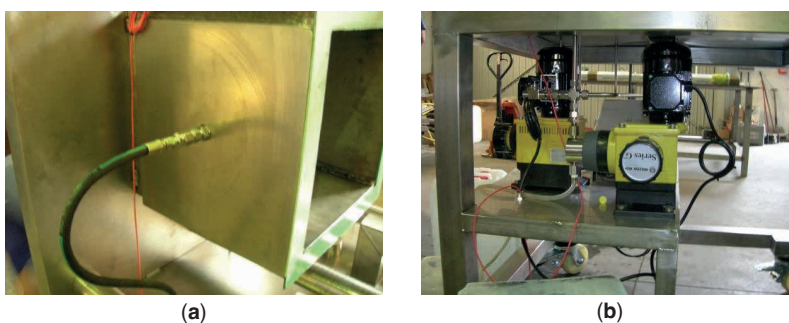



Figure 3. (**a**) Method of fluid injection inside the camera; (**b**) Details for two metering pumps "Dosapro"(yellow).

The closing of this camera is achieved through the action of a hydraulic cylinder, and the end of this cylinder has a tray on which the rock is placed to study, so that the action of hydraulic cylinder allows both entering the rock inside the camera and closing it. As a safety feature, there is a switch that lets you keep closing pressure of the chamber throughout the procedure, preventing accidental opening of the system. It also has a ruptured disk and

additional elements for protection and security. A camera 10 is coupled 180 W resistors and two 200 W resistors to heat the interior of it until the desired temperature, using a temperature sensor and a digital controller.

The hydraulic closure is capable of exerting a force of over 95 tons, and it consists of a hydraulic cylinder of 200x140 mm and 500 mm in length, a tank with its accessories, filter screens, levels, etc. There is a motor-group with two pumps, and the low pressure gives the flow required for rapid movement and a pressing cylinder for 320 bar, as well as control valves and the associated control.

The entire assembly approximately weighs 1 300 kg. This equipment includes a cabinet where both switches activation of different elements by the user, such as electrical control elements and protections necessary to ensure the safety of the people and the equipment according to current regulations (Figure 4).

Figure 4. ROCKTESTCO$_2$ test equipment.

Basically, the new test consists of contacting the rock sample with fluid in the natural reservoir conditions of pressure and temperature. The operational parameters of this equipment allow simulating in the laboratory the geological storage of a fluid in the natural conditions of pressure, temperature and salinity.

## 3 I RESULTS

Four samples of rocks (carbonates and sandstones) are used in initial tests. It is necessary to know the physical properties of these rocks in their natural state. For this study performed petrological and petrophysical studies and chemical and morphological analysis. Subsequently, subjected to interaction with a fluid for a variable duration from weeks to months, and finally, it is necessary to re-make all petrophysical tests chemical and morphological analysis to obtain differences by comparison of the physical properties and chemical composition of rocks.

The physical properties are possible to observe the variation in short term tests of several months. Possible variations in chemical composition need more time.

Preliminary results of petrophysical properties confirm those obtained by other laboratories [1-2]. It shows a slight increase in effective porosity and a decrease in the mechanical strength.

## 4 I CONCLUSIONS

The design and construction of this equipment allows us to investigate known physical and chemical processes that occur between the rocks store/seal and the fluid injected into deep geological storage. Simulation of storing $CO_2$ deep is essential to know the behavior of rocks (store or seal) in its interaction with the $CO_2$. Finally, besides the mathematical modelling, it is necessary to develop a new petrophysical characterization equipment to simulate the pressures and temperatures at which rocks are the target of a geological storage of $CO_2$.


## ACKNOWLEDGMENTS

All sources of funding of the study should be disclosed. Please clearly indicate grants that you have received in support of your research work. Clearly state if you received funds for covering the costs to publish in open access.


## CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest. The founding sponsors had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, and in the decision to publish the results.

## REFERENCES


1. Benson, S.M., L. Tomutsa, D. Silin, T. Kneafsey and L. Miljkovic: Corescale and Porescale Studies of Carbon Dioxide Migration in Saline Formations, *Proceedings of 8th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT8)*, IEA Greenhouse Gas Programme, Trondheim, Norway, June 19-22, (2006).

2. Hovorka, S.D., C. Doughty, S.M. Benson, K. Pruess, and P.R. Knox: “The Impact of Geological heterogeneity on COB2B Storage in Brine Formations: A Case Study from the Texas Gulf Coast,” Geological Storage of Carbon Dioxide, S.J. Baines and R.H. Worden (eds.) Geological Society, *London Special Publications*, 233, p. 147-163. (2004).

CAPÍTULO 6

# DESARROLLO DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LACTOSUERO Y ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*) AROMATIZADO CON HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus* stap)

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Lenin Quille Quille**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0003-3824-5268

**Olivia Magaly Luque Vilca**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

**Noe Benjamin Pampa Quispe**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-8072-249X

**Carlos Ricardo Hanco Cervantes**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

**Tania Jakeline Choque Rivera**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

**Yimy Hancco Cayllahua**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-8250-9665

**Luz Delia Mamani Perales**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

**Edgardo Martín Figueroa Donayre**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-7891-3334

**Maxgabriel Alexis Calla Huayapa**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0001-2418-3740

**Fiorella Pilar Aruhuanca Ordoñez**
Grupo de Investigación e Innovación Tecnológica de Ingeniería en Industrias Alimentarias – UNAJ
https://orcid.org/0000-0002-5612-5801

**Julissa Torres Acurio**
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú
https://orcid.org/0000-0002-1845-9034

**RESUMEN**: El lactosuero como subproducto de la industria quesera es desperdiciado y genera contaminación ambiental, con el fin de desarrollar alternativas de su aprovechamiento el objetivo fue: determinar el efecto de la sustitución parcial de lactosuero y almidón de papa aromatizado con hierba luisa sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida láctea fermentada, para tal efecto se

realizó cuatro tratamientos según el diseño factorial $2^k$ aplicando los niveles de porcentajes de lactosuero (50% y 30%) y almidón de papa (1.5% y 0.5% ), la evaluación sensorial se realizó con 50 jueces no entrenados y dichos datos fueron validados aplicando análisis de varianza y la prueba de Friedman a un nivel de significancia de 5%, el rendimiento de la bebida láctea fermentada se determinó usando el cálculo (expresado en %), el tratamiento con mayor efecto en las características fisicoquímicas fue el tratamiento (T3) con un pH de 4.55, densidad de 1.083 kg/m3 y acidez de 0.42 g/l, en cuanto a la aceptabilidad sensorial la Bebida Láctea Fermentada (BLF) con un yogur natural comercial se determinó que el 73% prefieren el color, el 70% prefieren el olor y el 71% prefieren el sabor, lo cual tiene mayor aceptabilidad en las características sensoriales en el atributo del color, el tratamiento que tuvo mayor rendimiento fue el tratamiento (T3) con un promedio de 87.53%, concluyendo que se obtuvo una bebida láctea fermentada con características fisicoquímicas aceptables según las normas establecidas, con una buena aceptabilidad sensorial de sus atributos y un buen rendimiento.
**PALABRAS CLAVE:** almidón, bebida láctea fermentada y lactosuero.

**ABSTRACT**: Whey as a by-product of the cheese industry is wasted and generates environmental contamination, in order to develop alternatives for its use the objective was: to determine the effect of the partial substitution of whey and potato starch flavored with lemon verbena on the physicochemical and sensory characteristics of a fermented milk drink, for this purpose four treatments were performed according to the 2k factorial design applying the percentage levels of whey (50% and 30%) and potato starch (1. 5% and 0.5%), the sensory evaluation was carried out with 50 untrained judges and these data were validated by applying analysis of variance and Friedman's test at a significance level of 5%, the yield of the fermented milk drink was determined using the calcuo (expressed in %), the treatment with the greatest effect on the physicochemical characteristics was the treatment (T3) with a pH of 4. 55, density of 1.083 kg/m3 and acidity of 0.42 g/l, in terms of sensory acceptability the Fermented Milk Drink (BLF) with a commercial natural yogurt. It was determined that 73% prefer the color, 70% prefer the odor and 71% prefer the flavor, which has greater acceptability in the sensory characteristics in the color attribute, the treatment that had the highest yield was the treatment (T3) with an average of 87.53%, concluding that a fermented milk drink was obtained with acceptable physicochemical characteristics according to the established standards, with a good sensory acceptability of its attributes and a good yield.
**KEYWORDS:** starch, fermented milk drink and whey.

## 1 I INTRODUCCIÓN

El lactosuero es un subproducto de la industria quesera que resulta al separar la cuajada de la parte líquida de la leche, durante la fabricación del queso (Poveda, 2013). Que representa entre un 80% a 90% del total del volumen de la leche procesada y contiene cerca del 50% de los nutrientes de la leche y un gran porcentaje de proteínas hidrosolubles, que lo convierten en un producto con un alto valor nutricional y funcional (Parra, 2009). A razón de ello el lactosuero es considerado un desecho en la industria láctea (Hernandez & Velez, 2014), pero tiene diversas aplicaciones, así como en la fabricación de lactosa, pasta

de suero y suero en polvo (Parra, 2009; Poveda, 2013). En la industria láctea es utilizado para la elaboración de diferentes productos, como bebidas lácteas, queso, helado, entre otros debido a su valor nutricional y a sus propiedades sensoriales y funcionales (Poveda, 2013).

Una propuesta para su aprovechamiento del lactosuero es la bebida láctea, que se describe como un sistema líquido proteico acidificado con una estabilidad y viscosidad similar al yogurt (Castro et al, 2013; Gómez et al, 2013) según los consumidores deben ser homogéneas como la leche en apariencia y textura y por lo general estas propiedades se relacionan con las de productos lácteos similares (Legarova & Kourimska, 2010), por lo tanto las bebidas lácteas, son un producto obtenido a partir de leche, leche reconstituida y/o derivados de leche, reconstituidos o no, con adición de ingredientes no lácteos y suero de leche; se permite el uso de aromatizantes (Murillo, 2019).

Así también, el uso de los hidrocoloides en la industria de alimentos está basados en sus propiedades físicas, químicas y funcionales. Son polímeros de cadena larga que se disuelven o dispersan en agua para dar un efecto viscoso o espesante. El grado de espesamiento varía, pero la mayoría ofrece altas viscosidades a concentraciones del 1%, además el comportamiento al flujo también difiere (Vargas, 2012), el almidón de papa es muy utilizado en la industria alimentaria debido a sus propiedades tales como su baja temperatura de gelatinización y su baja tendencia a la retrogradación (Vargas et al., 2016) y está basado en sus propiedades de interacción con el agua, en especial en su capacidad de formación de geles, es la más barata de todas las sustancias que tienen estas propiedades y abundan en los amiláceos, como los cereales, batatas, de los cuales pueden extraerse con facilidad; el almidón más utilizado es el que se obtiene a partir del maíz (Zambrano & Zambrano, 2013).

Finalmente, la hierba luisa es una herbácea aromática, perenne, conformada por manojos densos de rama alta que puede crecer hasta unos dos metros de altura. La vida útil del cultivo es de 4 a 5 años, a partir de esa edad declina su productividad, siendo recomendable su renovación en los campos (Quispe, 2004).

Por lo expuesto los objetivos de la presente investigación fue, determinar el efecto de la sustitución parcial de lactosuero y almidón de papa aromatizado con hierba luisa sobre las características fisicoquímicas de la bebida láctea fermentada, evaluar la aceptabilidad sensorial de la bebida láctea fermentada con mejores características fisicoquímicas de acidez, pH, densidad y determinar el rendimiento de la bebida láctea fermentada. En este sentido, la "Bebida Láctea Fermentada con Sustitución Parcial de Lactosuero y Almidón de Papa (*Solanum tuberosum*) Aromatizado con Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus* Stap)" representa una propuesta novedosa y atractiva en el mundo de las bebidas lácteas fermentadas, por que combina ingredientes alternativos y sabores aromáticos, lo que la convierte en una elección interesante tanto para aquellos que buscan una alternativa a los productos lácteos convencionales como para los amantes de la comida saludable.

## 2 I ANTECEDENTES

Videa & Videa (2019), elaboraron una bebida fermentada (yogurt) resultante de una mezcla entre suero lácteo y leche entera, utilizando tres formulaciones con diferentes proporciones de suero y leche entera 30/70, 50/50 y 70/30, se determinó por análisis sensorial que la fórmula que contenía 70% leche y 30% suero, presentó mejores características organolépticas y obteniendo el rendimiento de 54%.

Gavilanes et al. (2018), evaluó la influencia del lactosuero dulce y harina de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Guayaco morado en la calidad fisicoquímica y sensorial de una bebida láctea fermentada. Se estudiaron tres porcentajes de lactosuero (50%, 60% y 70%) en combinación con dos dosis de harina de camote (4% y 6%). encontraron diferencias significativas entre tratamientos solo para las variables viscosidad y proteína, obteniéndose como mejor tratamiento en cualidades fisicoquímicas el tratamiento con (50% lactosuero y 6% harina), concluyendo que la bebida presenta características semejantes a un yogur tradicional y de buena aceptación por los catadores.

Imbachí (2017), evaluó el efecto del almidón de yuca modificado sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de una bebida láctea elaborada con suero de quesería", teniendo como variables la inclusión de suero (45% - 65%) y de almidón modificado (0.8% - 1.2%); la bebida con la mejor formulación, se caracterizó y sometió a una prueba de aceptación sensorial con 80 consumidores, la mejor bebida y una bebida comercial (control) fueron sometidas a una prueba de estabilidad, durante 21 días. Se encontró que la acidez, pH y sólidos solubles fueron muy similares para todos los tratamientos, mientras que la viscosidad y sinéresis fueron influenciadas, significativamente ($p<0.05$), en conclusión, la bebida fue aceptada por el 90% de los consumidores.

## 3 I METODOLOGÍA

### 3.1 Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el taller y laboratorio de la Universidad Nacional de Juliaca - sede Ayabacas, teniendo en cuenta el diagrama experimental que se presenta en la figura 1.

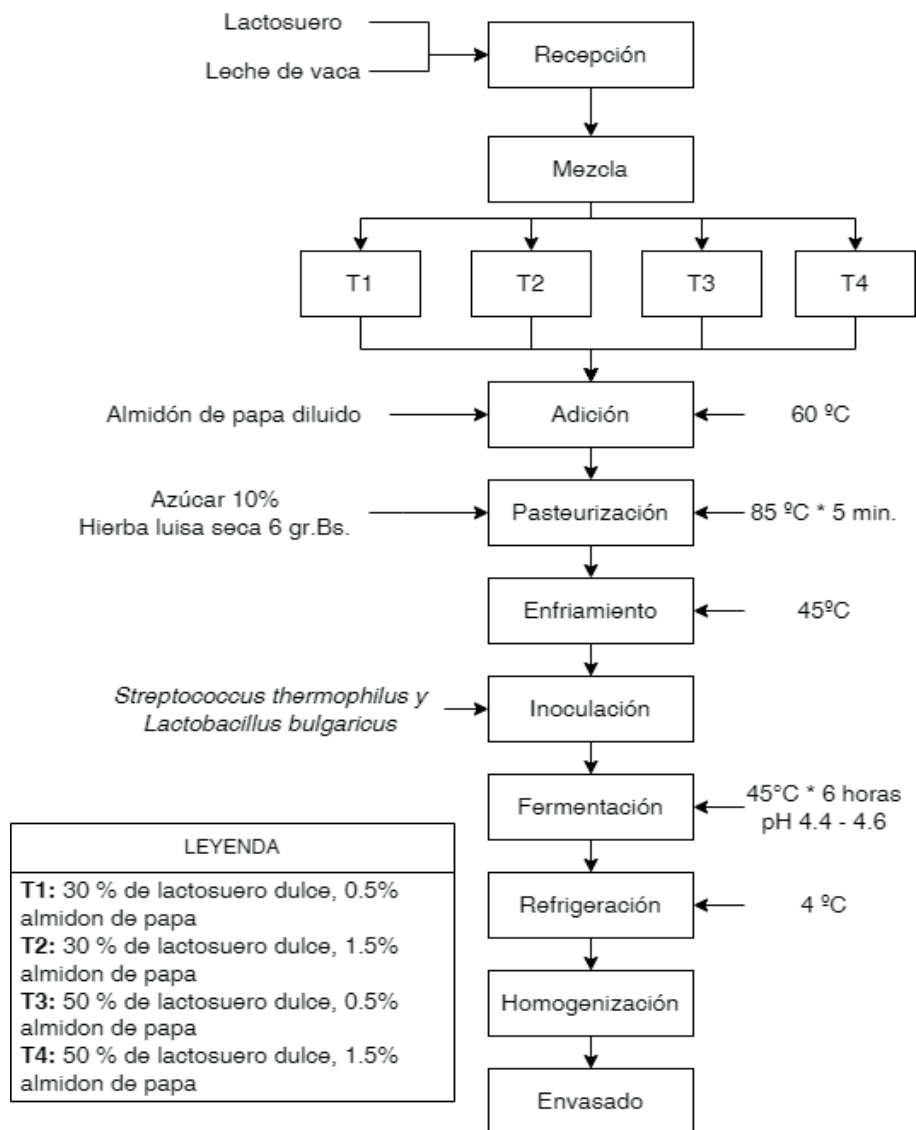



*Figura 1.* Obtención de bebida láctea fermentada con sustitución parcial de lactosuero y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) aromatizado con hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stap). Fuente: Adaptado de Gavilanes et al., (2018)

## 4 I METODOLOGÍA POR OBJETIVOS

### 4.1 Determinación del efecto de la sustitución parcial de lactosuero y almidón de papa aromatizado con hierba luisa sobre las características fisicoquímicas de la bebida láctea fermentada (acidez, pH, densidad).

#### *4.1.1 Método de análisis*

**A. Determinación de las características fisicoquímicas de la bebida láctea**

**a. Determinación de acidez**

Se utilizaron 10 mL de muestra añadiendo 10 mL de agua destilada, se agregó como indicador 3 gotas de fenolftaleína. Como titulante se usó NaOH al 0.1N hasta el cambio de color blanco a rosa. La acidez se determinó aplicando la siguiente ecuación y el resultado se expresó en función del ácido láctico (Acuña, 2022).

$$\text{\% de acidez expresado en } \acute{a}cido\ l\acute{a}ctico = \frac{(0.09 * V * N)}{M\ (mL)} \times 100$$

Dónde:

V = volumen de la solución de NaOH gastado

N = normalidad del NaOH 0.1 N

M = Volumen de muestra en mL.

1.09 Equivalente al ácido láctico.

**b. Determinación de pH**

La determinación se basó en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno mediante el medidor de pH (potenciómetro). Se calibró para luego colocar unos 10 mL de muestra y sumergirlo en el electrodo sin tocar el fondo del vaso. Antes de proceder con la siguiente lectura, se enjuaga el electrodo con abundante agua destilada y luego secarlo (Ojeda, 2015).

**c. Densidad**

Para determinar la densidad es igual a la división de la masa entre el volumen aplicando la siguiente ecuación (Zapata, 2021):

$$D = \frac{m}{V}$$

Donde:

m: masa

v: volumen

**d. Análisis estadístico**

Se utilizó el diseño factorial $2^k$, para los parámetros de acidez láctica, pH y densidad de la bebida fermentada trabajando a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

## 4.2 Evaluación de la aceptabilidad sensorial de la bebida láctea fermentada con mejores características fisicoquímicas (acidez, pH, densidad).

### *4.2.1 Método de análisis*

**a. Evaluación de la aceptabilidad sensorial.**

Se conformó un panel sensorial con 50 jueces no entrenados (consumidores), los cuales evaluaron propiedades organolépticas (color, olor, sabor) de cada una de las bebidas lácteas mediante un test de análisis sensorial con escala hedónica de 5 puntos (me gusta mucho, me gusta, me es indiferente, no me gusta y me disgusta totalmente).

**b. Análisis estadístico**

Se realizó la prueba no paramétrica de Friedman para las variables sensoriales. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de $p \leq 0.05$.

## 4.3 Determinación del rendimiento de la bebida láctea fermentada

### *4.3.1 Método de análisis*

**a. Rendimiento de la bebida láctea fermentada**

Se determinó el rendimiento de la bebida láctea fermentada usando el cálculo (expresado en %) que se detalla a continuación:

$$Rendimiento\ (\%) = \frac{Peso\ final}{peso\ inicial} \times\ 100$$

**b. Análisis estadístico**

Se determinaron las diferencias significativas mediante un análisis de varianza ANOVA con 0.05 de significancia; al encontrar diferencia significativa se procedió a realizar la prueba de comparaciones de medias Tukey a un nivel de $\alpha$=0.0

# 5 I RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 5.1 Determinación del efecto de adición parcial de almidón y lactosuero en las características fisicoquímicas (acidez, pH, densidad) de la bebida láctea

En la tabla 1 se puede observar los resultados de las propiedades fisicoquímicas del

yogurt con sustitución parcial de almidón de papa y lactosuero de todas las formulaciones y la prueba patrón.

| Tratamiento | Densidad (Kg/m$^3$) | pH | Acidez % |
|---|---|---|---|
| T1 | 1.047 ± 0.01 | 4.549 ± 0.1 | 0.462 ± 0.004 |
| T2 | 1.073 ± 0,01 | 4.518 ± 0.1 | 0.552 ± 0.09 |
| T3 | 1.053 ± 0,01 | 4.361 ± 0.1 | 0.426 ± 0.03 |
| T4 | 1.060 ± 0,01 | 4.473 ± 0.1 | 0.417 ± 0.015 |
| Pp | 1.060 | 4.605 | 0.387 |

Tabla 1. Resultados de las propiedades físico químicos de la bebida láctea fermentada.

Según Vieira et al., (2022), reporto valores para el pH de 4.6-4.5 después de un proceso de fermentación de 6 horas, en nuestro caso el pH se encuentra un rango de 4.36 a 4.54 entre todos los tratamientos, obteniendo mínimas diferencias

Según INACAL (2016), indica como requisito para el yogurt debe presentar un valor de 0.6 – 1.5 g ácido láctico/100 g. De los cuales nuestros resultados están dentro de los rangos establecidos. G & A, (2015) en la “Elaboración de una bebida láctea a base de lactosuero fermentada” con sustituciones de lactosuero (13, 17, 21) reporto resultados para la densidad de 1.072±0.06 a 1.08±0.08, y en la presente investigación se encontró que la densidad inicial osciló entre 1.047 ± 0.01 a 1.073 ± 0.01, presentando resultados similares.

## 5.2 Evaluación de la aceptabilidad sensorial de la bebida láctea fermentada con mejores características fisicoquímicas (acidez, pH, densidad)

Se realizó mediante una ficha de escala hedónica con calificación de 1 a 5 puntos con la participación de 50 jueces no entrenados (consumidores), encontrando que entre los tratamientos respecto a los atributos color, olor y sabor se tiene diferencias significativas ($p<0.05$).

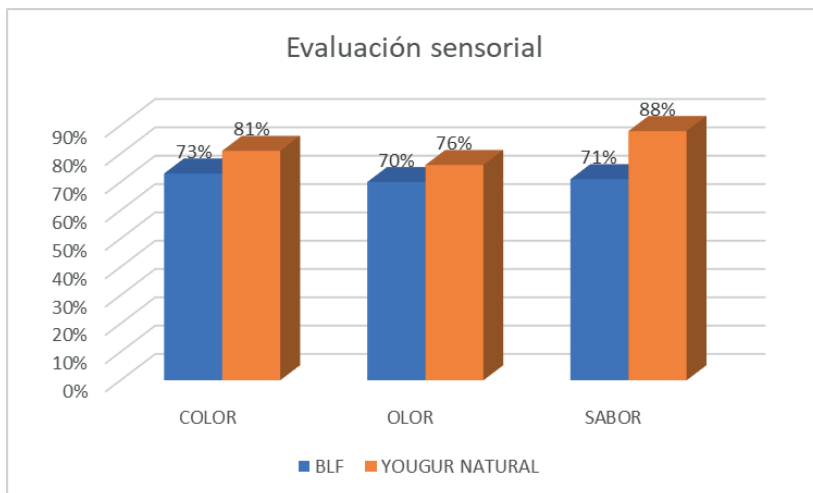



Figura 2. Evaluación de aceptabilidad sensorial de la bebida láctea fermentada versus yogurt natural

Se aprecia en la figura 2, la comparación entre la Bebida Láctea Fermentada (BLF) con un yogur natural comercial determinando que el 73% prefieren el color, el 70% prefieren el olor y el 71% prefieren el sabor, lo cual tiene mayor aceptabilidad en las características sensoriales en el atributo del color. Es decir que esta bebida láctea fermentada puede ser aceptada por el público consumidor. Algunos autores mencionan que una bebida probiótica elaborada con lactosuero y almidón de quinua tuvo una aceptabilidad mayor al 60% en comparación a una bebida probiótica comercial según Ramirez et al., (2019). Así mismo la adición del almidón puede influir en el color y la apariencia dándole una tonalidad blanquecina, lo que mejora la aceptabilidad del panel de degustadores (Cocha, 2011).

## 5.3 Determinación del rendimiento de la bebida láctea fermentada

En la tabla 2 y figura 3 se muestra el rendimiento de los tratamientos. El mejor rendimiento es T3 con un promedio de 87.53 % en comparación con la muestra patrón que presentó un rendimiento promedio de 88.46 % por lo que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, y con respecto a la utilización de almidón de papa en la investigación, no influyen de manera directa en el rendimiento de la bebida.

| Tratamientos | Peso inicial (g) | Peso Final (g) | Rendimiento (%) |
|---|---|---|---|
| T1 | 500.00 | 366.67 | 73.33 |
| T2 | 500.00 | 405.67 | 81.13 |
| T3 | 500.00 | 437.65 | 87.53 |
| Muestra patron | 500.00 | 442.30 | 88.46 |

Tabla 2. Promedios de los rendimientos de acuerdo a cada tratamiento

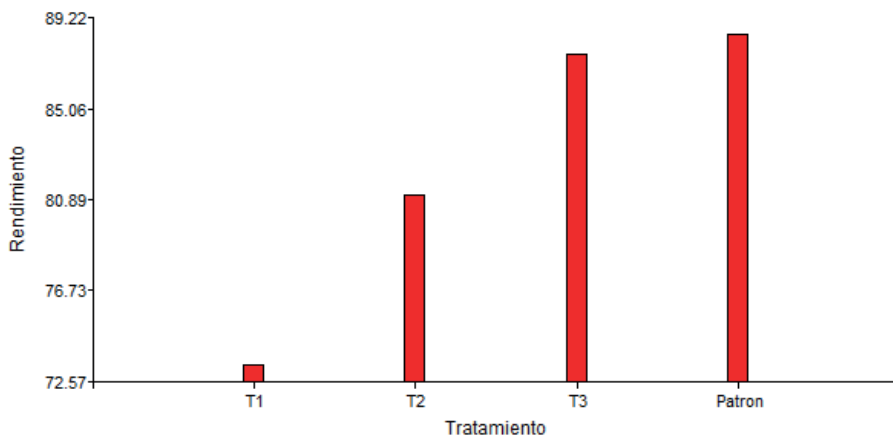



Figura 3. Comparación de rendimiento entre tratamientos

Acevedo, (2005), manifiesta que el rendimiento promedio de un yogur elaborado bajo las mismas condiciones de proceso es de aproximadamente 97%, mientras que Rebaza, (2019) menciona que, para algunas aplicaciones del almidón de papa, como también para aplicaciones de otros almidones nativos, la presencia de amilosa es indeseable. Así también, los almidones nativos tienen muchas desventajas para aplicaciones industriales, como la insolubilidad en agua fría, la pérdida de viscosidad y el poder espesante después de la cocción.

## 6 I CONCLUSIONES

El desarrollo de la bebida láctea fermentada con sustitución parcial de lactosuero y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) aromatizado con hierba luisa (*Cymbopogon citratus* stap) representa una innovación prometedora en la industria de alimentos y bebidas, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que si se tiene efecto con respecto a la sustitución parcial de lactosuero y almidón de papa aromatizado con hierba luisa,
- La evaluación de la aceptabilidad sensorial de la bebida láctea fermentada que presento mejores características fisicoquímicas (acidez, pH, densidad) con respecto al yogurt comercial es el tratamiento (T3).
- En cuanto a la evaluación del rendimiento de la bebida láctea fermentada, el tratamiento (T3) presenta 87.53 % de rendimiento, siendo mayor a los demás tratamientos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al "GRUPO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS – UNAJ", adscrito a la Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca por que trabajar con un equipo tan comprometido es una experiencia enriquecedora, y agradecidos por la colaboración que hemos compartido.

## REFERENCIAS

Acevedo, J. H. (2005). Elaboración de un balance de masa para yogur, Helado, Queso Zaoralla y Queso Crema en la Planta de Lácteos de Zamorano. Retrieved November 6, 2022, from https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/62455e71-8ebf-4003-adea-4d19f3bae8a7/content

Acuña, N. (2022). Acidez procedimiento. https://es.scribd.com/document/401041200/ACIDEZ-PROCEDIMIENTO

Agudelo, D., & Bedoya, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Redalyc. Retrieved November 29, 2022, from https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf

Castro, W., Cruz, A., & Bisinoto, M. (2013). Development of probiotic dairy beverages: Rheological properties and application of mathematical model in sensory evaluation. *Journal of Dairy Science*, *96*(1), 16-25. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5590

Cocha P, L. A. (2011). Elaboración de una bebida fermentada utilizando suero de queso mozzarella enriquecida con harina de maíz germinado.

Fernadez, E., Martinez, J., Martinez, V., Moreno, J., Collado, L., Hernandez, M., & Moran, F. (2015). Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. Scielo España. Retrieved November 28, 2022, from https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf

G, C., & A, D. (2015). Elaboración de una bebida láctea a base de lactosuero fermentado usando Streptococcus salivarius ssp., Thermophilus y Lactobacillus casei ssp. casei. *Alimentech Ciencia Y Tecnología Alimentaria Core*.

Gavilanes López, P. I., Zambrano Zambrano, A. M., Romero Rosado, C. F., y Moro Peña, A. (2018). Evaluación de una bebida láctea fermentada novel a base de lactosuero y harina de camote. https://1library.co/title/evaluacion-de-una-bebida-lactea-fermentada-novel-a-base-de-lactosuero-y-harina-de-camote

Hernandez Rojas, F., & Velez Ruiz, J. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *temas selectos de ingeniería de alimentos*, *8*(2), 13 -22.

Imbachí Narváez, P. C. (2017). Efecto del almidón de yuca modificado sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de una bebida láctea elaborada con suero de quesería. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62882

Legarova, V., & Kourimska, L. (2010). Sensory quality evaluation of whey - based beverages. *Mljekarstvo*, *60*(4), 280-287.

Murillo Jimenez, J. (2019). Aplicación de un blend emulsificante en el desarrollo de una bebida láctea por medio del proceso UHT, con sustitución parcial de leche por suero dulce de leche. Repositorio UTA. Retrieved November 28, 2022, from https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29415/1/AL%20703.pdf

Ojeda, R. (2015). Caracterización físico-química del lactosuero de alpaca *(Vicugna pacos)* [Determinación del pH]. Perú/Puno. Retrieved Noviembre, 2022, from file:///C:/Users/Windows10/Downloads/Ojeda_Barrantes_Rolando.pdf

Parra Huertas, R. (2009). Lactosuero: importante en la industria de alimentos. *revista facultad nacional de agronomía*, *62*(1), 4967-4982. http://doi.org./10.15446/rfnam

Poveda, E. (2013). suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *revista chilena de nutrición*, *40*(4), 397 - 403. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011

Quispe Collazos, J. (2004). Fertilización nitrogenada y momento de corte de uniformidad de la “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) en suelos ácidos (EX- COCAL) de Tingo María. 13. https://agronomia.unas.edu.pe/sites/default/files/AGR-487.pdf

Ramirez, R., Larico, R., Nina, E., Cauna, J., & Mamani, L. (2019). Elaboración de una bebida probiótica con lactosuero enriquecido con almidón como complemento alimentario para niños de quinua.

Rebaza Cabrera, M. G. (2019). Biblioteca de agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. Retrieved November 6, 2022, from https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13425/Rebaza%20Cabrera%2C%20Michele%20Graciela.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas Rodriguez, L. (2012). Extracción y caracterización química y reológica de hidrocoloide de Opuntia spinulifera con perspectivas de aditivo en la industria de alimentos. Universidad Nacional de Trujillo. Retrieved November 28, 2022, from https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5142/Tesis%20doctoral_Lorena%20Vargas%20Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas, G., Martinez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuar*. SciELO Perú. Retrieved November 28, 2022, from http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7nspe/a09v7nspe.pdf

Videa Bustillo, M., & Videa Zelaya, M. V. (2019). Yogurt natural a partir de leche con suero lácteo a escala de laboratorio, Universidad nacional de ingeniería, sede regional del norte, *Estelí Nicaragua*. https://doi.org/10.5377/elhigo.v9i1.8997

Vieira, E., Styles, D., Sousa, S., Santos, C., & Gil, C. (2022). Nutritional, rheological, sensory characteristics and environmental impact of a yogurt-like dairy drink for children enriched with lupin flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100617

Zambrano, C. G., & Zambrano, J. R. (2013). Bebida láctea fermentada. Repositório ESPAM. Retrieved November 23, 2022, from https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/161/1/Carlos%20Zambrano%20-%20Jorge%20Zambrano.pdf

Zapata, F. (2021). *Densidad*. Lifeder. Retrieved Noviembre 28, 2022, from https://www.lifeder.com/densidad/

# CIRCULAR ECONOMY IMPLEMENTED IN A COSMETIC COMPANY: A CASE STUDY

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Nicole Andressa Fuoco Michel**
Faculty of Exact Sciences and Technology, Pontifical Catholic University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

**Luiz Carlos de Campos**
Faculty of Exact Sciences and Technology, Pontifical Catholic University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

**ABSTRACT:** This research was part of a Scientific Initiation project developed during the Industrial Engineering course as complement of the undergraduate contents. The purpose of this work is to encourage the adoption of the concept of Circular Economy by the companies regardless of your size in order to reduce environmental impact and help to avoid the malefic effects produced by the tailings discarded by the majority of the companies. This research was based on an extensive literature review and on the formulation of a case study, which was implemented and fully assisted by the Cosmetic Bio Phito Therapeutical Company. Using the assistance offered by the Enterprise Resource Planning tool (ERP), it was possible to infer a mere substrate whose only purpose was to support the raw material that would effectively be used to an applicability that, besides being profitable, brought circularity to the operational flow. The results obtained with the implementation of the Circular Economy brought to the company that was studied the opportunity to avoid inadequate waste management, in addition to a financial savings of around U$ 2,000 per month due the reduction of expenses with a material that, instead of being improperly discarded, was reprogrammed for practical use, through recycling. The research was developed using the Problem Based Learning (PBL) approach and hands on activities during all the work.

**KEYWORDS**: Circular Economy; raw material; Enterprise Resource Planning; recycled.

## 1 | INTRODUCTION

Since the beginning, more specifically around 10 thousand years ago, the history of mankind was in the Upper Paleolithic period. A milestone in Prehistory in which the Cro-Magnon Man, a primitive population of the species Homo Sapiens, had already developed their first tools,

still with limited sophistication, given the incipience and simplicity of the techniques used, defining characteristics of this revolutionary moment in History.

From this point on, great waves were responsible for changing the course of humanity.

From the stone age to the beginning of the First Industrial Revolution. The, until then, hominids left the savannah and began to compose a new class that emerged in History, called artisans, the first industrialists on a modest scale.

Urban landscapes were radically changed, just as they made way for a vertiginous, unplanned urbanization, recurrent throughout Industrialization.

According to Schwab (2018) the Industrial Revolution in the 18th century brought several transformations in the production means and in the European urban scenario. With the industrial rise, handcrafted manufactures and productions were quickly replaced by a scenario of incessant search for technological development, arising from the abundant thirst for productivity.

Baine (2012) said that the Green Engineer must be one of the Engineering careers responsible to save the Earth, creating the infrastructure and means for impoverished countries to have access to clean water, electricity, and internet services to maintain the Sustainability of the planet. The circular economy is a concept of a true sustainable economy that it works without waste, save resources, and works with synergy with the biosphere.

Instead of looking at emissions, subproducts, and damaged or unwanted goods as waste or garbage, these materials in circular economy become raw materials and inputs for a new production cycle.

Throughout the consecutive Industrial Revolutions, certain triumphs became noteworthy, namely: machinery, the progress of means of transportation, the advance of intercontinental communication, the advent of the Internet and new technologies, resulting in the expansion of the, until then restricted, Globalization.

From the mitigation of infant mortality, good quality and life expectancy to the approach of the numerical, Campos et al., (2011), for the levels of education, health, and income, according to the HDI indicator. From high levels of education and literacy to high per capita income. It is palpable that these Revolutions, including the most recent one, the so-called Industry 4.0, have been responsible for significant improvements in the welfare of society, especially in the so-called developed countries. However, their price is being charged.

The human population continues to grow exponentially around the world, with the imminence of reaching a population of about 10 billion people by the year 2050. Therefore, the combination of population growth and social upswing has put increasing pressure on essential natural resources.

With the atmosphere and oceans overburdened with carbon, coupled with uncontrolled burning of fossil fuels, unprecedented climate disruption is manifesting itself. The enormous extraction of resources from nature, with no or minimal replanting policy, leads to the current

emergency of the Brazilian flora, defined by the problems of deforestation and wildfires.

The ocean covers about 71 % of the planet Earth, and the waste generated by human activities is totally dispersed in it.

In almost every corner of the ocean, there are already records of the presence of plastic and microplastics. From the above, science shows that more than 80 % of this material is located decanted on the ocean floor and has been degrading successively into smaller and smaller particles.

Today, humanity is at a turning point.

It has become imperative to carry out emergency planning to ensure the subsistence of the next generations.

To this end, it is unthinkable to conjecture an eventual renunciation of everything that humanity has already achieved. Nevertheless, it is feasible to rewrite the formula that will unveil the secret responsible for perpetuating, in a sustainable way, this new Industrial Age.

According to Stahel (2016), […] "Today's goods become tomorrow's resources at yesterday's price"

## 2 I SCOPE

The model with which this scientific study was developed, directly implies rigorous exploratory research through literature review. In addition to the meticulous analysis and investigation of previously published theoretical material, field research was also proposed.

According to Powell & Weenk (2003); Kolmos et al. (2009), the Project Based Learning approach (PBL) is a very important method of Engineering Education and put the students in a real contact with the professional environment where the students will be work in the future. To get this knowledge is necessary that the students participate from the start of the project to the final step to learn all the steps and learn to read and implementation of the project.

Campos et al. (2012) show how to create an environment of learning, mainly using, a hands-on activity based on the PBL approach.

Lima. M. R. et al. shows as is important the projects developed with the Industry for the development of Professional Competences in Industrial Engineering Education.

Based on these concepts we decided to use PBL approach in this research.

This comprises data collection, which suggests an interpretation of the results obtained.

Conducted right in the original environment where your object of study is located, field research results in accurate, timely, and exceptionally efficient analysis.

In line with both pillars, a Case Study was also introduced. As this is still a little explored theme and little diffused in the market, opportunities for development in techniques and business models that apply Circular Economy in practice, as an inherent part of the

production line, can be evidenced.

A Chemical Industry, from the Cosmetology field, was selected for the deepening of this study and the introduction of the concepts of circularity in the daily life of a Small Business Company. Small businesses are made up of micro and small companies and individual micro companies. In Brazil there are on average 6.4 million establishments and, of this total, it is measured that 99% are registered as micro and small company. That said, it is demonstrated as a niche of strong representation in the Brazilian scenario and as an opportune chance to be demonstrated through example, data and proven results, that it is an action whose applicability depends on few resources; low investment cost; and is still able to result in the reduction of materials held in stock, reducing storage costs, increasing the turnover of inputs and the protection of the amount of its working capital. Finally, it ensures a better financial planning of the company and a redistribution of investments. Thus, the focus shifts to improvements in the production belt and, in a possible automation, in the means of production.

This proves, therefore, the endless returns that are generated for society, in terms of sustainability and environmental preservation, as well as the positive cycle that is incited.

According to what was said above, this study aims to demonstrate that the practice of Circular Economy should not be restricted to large industries, nor does it require the export of technologies to be feasible, on the contrary, implementing a system that brings circularity to the process allows all companies to have an experience of intelligent manufacturing, in which natural resources are saved, the destination of cash flow is reconfigured, and therefore new technologies arising from Industry 4.0 can be implemented, democratizing competitiveness within the national market itself.

## 3 I APPLYING RESEARCH IN ENGINEERING EDUCATION

When focused on the educational context, this study addresses efforts to improve logical investigation skills and to improve the search for solutions to overcome the obstacles presented, which are intrinsic characteristics of an engineering education.

Aiming to acquire this knowledge to conduct efficient research, with results that are tangible to reality, notes were taken on articles presented at the UNESP Symposium of Industrial Engineering (SIMPEP), in 2020, through which it was possible to understand more clearly the characteristics that differentiate Circular Economy from a Recycling Process, for example, among other details that highlight the importance of this concept today.

It´s important to highlight some academic-scientific-cultural activities promoted by the Pontifical Catholic University of São Paulo, which were of immeasurable contribution to the formulation of this research. These activities consisted, mainly, of lectures and seminars that dealt with subjects of fundamental importance to the development and conclusion of the chosen thesis. Some of the subjects approached were The Future of Industry; Prototyping

Technology Applied to Factory 4.0; Use of Technology in Small Business and Opportunities of Waste Management.

Finally, the experience obtained by following the daily routine of the factory floor, in the industry selected for the application of the Case Study, was extremely enriching at the juncture of studies, aiming at a future training in the Engineering career. There, it was possible to learn about the manufacturing processes, how the organizational structure of a company works, the obstacles faced during production management, planning strategies and risk analysis, financial control, and, focusing on the theme of this project, the most appropriate methods of waste disposal and management. The purpose of the study was to reduce the generation of production waste to as close to zero as possible. This opportunity of proximity with the cosmetics industry Bio Genetyc, also allowed to acquire the knowledge of using the Corporate Software ERP (Enterprise Resource Planning). This technology is becoming more and more usual in Engineering and, frequently, required in the management areas because it makes possible to analyse and follow up each step of a production process, besides allowing a rigid stock control. The ERP tool helped, rigorously, in the monitoring of each result obtained.

## 4 I THE CIRCULAR ECONOMY

Due to the usual logic of extraction, production, consumption, and disposal, humanity has submitted itself to a Status Quo limit situation. The, until then, trivial model of traditional and linear economy has suffocated natural resources and expressively mitigated the quality of life of the inhabited environment. Emerging as an alternative to contain the consequences that this and the next generations will be subject to face, a definition emerges in defence of the operating modes that surround the sustainable model.

In 1989, what is today an integral part of the lexicon of the economy, namely known as Circular Economy, was born.

Elaborated in an autonomous article by British economists and environmentalists David W. Pearce and R. Kerry Turner, it was demonstrated, through analysis, that the environment was totally disregarded in the unbridled search for the consumer market and the desire to gain a position of influence among the capitalist nations, an episode reinforced and contextualized in the midst of the Fall of the Berlin Wall (1989), which culminated in the end of the Cold War and caused, subsequently, the dissolution of the Soviet Union.

At the time, the environment was bequeathed a secondary role, as a simple waste reservoir. Also known as “cradle to cradle”, Circular Economy does not work with the idea of waste, after all, everything can be progressively reused in a new cycle. In other words, by designing the product design in its entirety before manufacturing it, it was possible to avoid the use of materials that cannot be reused, so that all creation returns to the production cycle, drastically limiting waste generation.

According to the United Nations **(UN)** and the Circle Economy report, only 9 % of the global economy is circular, which in practice confirms that of the 92.8 billion tons of waste generated by industrial and residential means, less than 10 % returns to the production chain, that is, more than 80 billion tons of plastics, fossil fuels and biomass are inadequately disposed of to the environment.

Essentially, Circular Economy is based on value creation through a "closed loop", in which industrial and social evolutionary concepts aim to achieve integral sustainability objectives in relation to a no-waste philosophy, starting from a regenerative system.

## 4.1 The Waste Management Issue

Waste, on the other hand, pragmatically suggests an extra cost within a corporation and, accordingly, has a negative impact on its reputation, depending on the type of disposal that is routinely performed. To this end, the Federal Accounting Council **(CFC)** has been orienting accountants to bring these environmental points to the balance sheet of their partner companies, aiming at the lowest wear and tear not only to the already scarce natural resources, but also to the very image of the corporation in question and, consequently, aspire to the protection of the balance sheet in view of inspection agencies, such as: the Civil Police, CETESB, and the Sanitary Surveillance.

Currently, inadequate areas of final disposal, such as dumps, and controlled landfills receive an average of 80 thousand tons of waste per day. These are 80 thousand tons that could be redirected and better used, by transforming them into by-products. However, the consequences for this phenomenon called, Inadequate Waste Management, are impacted soil; impacted groundwater; impacted rivers and lakes; spreading vectors and, because of these calamities, human beings are fervently impacted.

Between the years 2017 and 2018, the generation of MSW (Urban Solid Waste) in Brazil increased by almost 1%, reaching the mark of 216,629 tons per day. As the population also grew in the period (0.40 %), the per capita generation obtained a minimally reduced elevation (0.39 %). This means that, on average, each Brazilian generated a little more than 1 kilo of waste per day.

However, taking into account the contemporary atypical situation in which society has been subjected, it is important to take into account the change in this statistic, given that in 2020 and 2021 the number of food orders via apps will expand exponentially, causing a predicted increase in the number of disposable packages that lead to an extreme increase in waste originating in homes and likewise, as a reflection of the pandemic, a radical demand for hospital supplies.

On August 2, 2010, Law No. 12.305/10, better known as the National Solid Waste Policy, was enacted and is fully responsible for organizing the way in which the country manages its waste, requiring from the public and private sectors transparency in the

destination and treatment of its waste. This law establishes the principle that everyone, from the person in charge of receiving the raw material to the dispatch supervisor, is fully responsible for the management of these remaining materials.

A viable solution to be undertaken and, increasingly, instituted in reference corporations in the market to encourage their competitors in the industry to apply the same strategy, is the so-called Reverse Logistics.

This instrument consists in the economic and social development, characterized by a set of actions, procedures and means that enable the collection and return of solid waste to the business sector, for reuse in its production cycle or even proposing the realization of a new final route, this time, environmentally appropriate.

These procedures consist, respectively, in reusing or reprocessing the raw material for the production chain; waste generation by the manufacturer (during manufacture); waste generation by the merchant (during commerce); waste generation by the consumer (after use); disposal; voluntary delivery point; collection and recycling; reusing or reprocessing the raw material for the production chain.

All phases, whether of manufacture, marketing, or use, can be returned and reprocessed for the creation of a new raw material, without necessarily having to extract new resources from nature and much less discard the old ones.

The state of São Paulo has been one of the forerunners of the implementation and obligation of Reverse Logistics in more and more products with flammability risk or that, today, have an inadequate disposal.

## 4.2 The Microplastics Issue

Considered one of the most problematic, dangerous, and difficult to solve issues on this subject, special attention should be paid to the topic of microplastics.

The difficulty of the subject matter becomes clear when, upon reflection, it becomes possible to conclude that every little piece of plastic that has been created to date still exists. Even after reaching its degradation limit year, plastic will never completely disappear, it will only decrease in size. The problem lies in the fact that the smaller the material gets, the easier it is for an organism to ingest it without realizing it, and this can lead to an interaction with different chemical components as soon as it fragments.

Microplastics, when dispersed in the ocean, are often found in plankton, which provide about 60 % of the oxygen found in the atmosphere by carrying out photosynthesis. However, since plankton in the pre-existing food chain relationship also serves as a subsistence for some species of fish, the fish ingest the plastic, and the plastic is automatically incorporated into man’s food chain when he feeds on it.

Recent research conducted by European scientists from the Medical University of Vienna has shown, by collecting human excrements from different countries, that all the

excrements studied contained more than 50,000 microparticles of plastic each.

Demonstrating at last that the contamination of the garbage has reached our intestines.

Actions admittedly capable of mitigating the existence of plastic in the seas consist of investments to enable the use, productively, of the new bacterium identified in 2016, which is called Ideonella sakaiensis 201-F6 and has the capacity to degrade PET, using it as its main source of carbon and energy.

According to Bornscheuer (2016), if terephthalic acid can be isolated and reused, it could generate huge savings in producing new polymers, without the need for petroleum-based feedstocks.

Aggravating factors related to socioeconomic and occupational problems should also be assumed, since in Brazil, the great source of waste that reaches the sea through the watersheds, about 80 %, is located on land roads, mostly from irregularly occupied areas, because there is no collection service and proper disposal of solid waste in these regions.

After all, similarly, considered as a viable option for the resolution of the adversities caused by improper residual disposal, the concept of Industrial Symbiosis is presented. This can be defined as a long-term association between two organisms of different species, i.e., submerging the concept to the corporate environment, it is assumed that the waste generated in one company can be used by another, following the minimization or total elimination of waste.

### 4.3 Successful Cases

In the domestic sphere, the number of consumers who demand differentiated attitudes is growing, and above all, from the circular economy perspective, they opt for sustainable products and services, in which the responsibility for waste management is planned from manufacturing to the final disposal of packaging after consumption.

Within the cosmetics industry, two companies stand out for their socio-environmental concern: Natura, responsible for launching a challenge to itself which consists in the search for innovative solutions, such as zeroing the brand's packaging waste, has already started to demonstrate positive results for the theme, by declaring that the "**Kaiak Oceano"** perfume packaging is produced with plastic residue of which, at least 50 % of the total of this material that is used in the confection of each packaging, is taken from the ocean and collected on the beaches of the Brazilian coast.

Another even more recent measure taken by the **Natura & Co** group is the launching of its packaging recovery program at its branches located in Mexico. Aiming to be able to contribute even more effectively to reducing the environmental impact generated by improper handling of waste, the Brazilian company has promoted the action "Reverse logistics of post-consumer packaging", with which it invites consumers and its entire network of consultants

to join the Circular Economy by taking empty, clean, and dry Natura packaging to any of its physical stores. By participating in the initiative, the contributor will receive 25 % discount on refills for each 5 packages delivered.

*"With this proposal we want to invite people to be part of the movement, promoting the circularity of post-consumption packaging, in line with our commitment to be an agent of change that adds value to society and generates positive impacts, achieving a world with more beauty and less waste,"* said Griscelda Ramos, Director of Sustainability at Natura Mexico.

In June 2020, the 4th largest holding company in the beauty business in the world, which gathers Natura, Avon, The Body Shop and Aesop, presented its plan *"Commitment to Life"*, to face the most urgent global problems. Among the commitments highlighted in the document is that of "embracing circular economy and regeneration", to achieve greater circularity in packaging. A clear example of this is in the constitution of the container used for the Natura Ekos and Tododia lines, according to Alves (2017) and the Brazilian company itself, PET plastics from the recovery of bottles that feature this material are used, extending in such a way the useful life, and contributing to its maintenance within a productive cycle.

By implementing these good practices, packaging material is reduced by up to 80%, avoiding more than 3,000 tons of waste annually, as well as the emission of 8,000 tons of greenhouse gases, according to company data. In 2020 alone, Natura managed to recover 667 tons of waste.

Another reference brand in the search for sustainable solutions associated with its products is B.O.B., responsible for offering a bar alternative, aiming at gradually replacing the plastic packaging of shampoos and conditioners.

The digital transformation, although it may seem "cleaner" than its predecessor technologies, will generate a legacy that is even more harmful and difficult to control if not wisely handled. Thus, the Circular Economy coupled with Industry 4.0 arises, intending a sustainable management of the supply chain, through the Internet of Things, which connects stakeholders to efficient flows of materials and information. Thus, by linking ideas, people and places, the generation of good opportunities is potentialized as a result.

## 5 I THE CASE STUDY

After searching for a practical means and a feasible experience for the application of the concept of Circular Economy in an Industry, whose manager is configured in the same classification of Micro and Small entrepreneur, as well as the 99 % of entrepreneurs located in the national territory who, despite all the fiscal disincentive and the lack of credit stimulus with which they are afflicted, it is important to emphasize that they continue to leverage the country's economy by sustaining about 27% of the Gross Domestic Product (GDP) and ensure 54 % of formal employment in Brazil, according to data from **"Brazilian**

**Service Support to Micro and Short Companies" (SEBRAE).** The idealization of taking advantage of the representativeness that the sector enjoys in the private sector sowing sustainable practices that, in parallel, also play a financially attractive role to the company, was conceived. In response to the above, the structuring of a case study was outlined that, after all the work of elucidating, theorizing, defining which strategies are more palpable and experimenting with possibilities, it was possible to attest to the simplicity with which Circular Economy not only can, but should be present in each stage studied during the formulation of a product and/or in the operational planning that surrounds a production.

The target company of this study was Cosméticos Bio Phito Terápicos Ltda.

Founded in 1984 in the city of São Paulo, Bio Genetyc, the brand for which it is recognized in the market, started its activities manufacturing cosmetics for third parties and for the retail market. Today, with over 30 years of continuous experience acquired, its main focus is to offer products geared to the needs of distributors and clients from the international market, clients who aim to work alongside a company constantly concerned with the quality, sustainability and technological innovation promoted in its merchandise, whose origin is entirely from the domestic industry and each production process, from the development of products to the act of packaging them are thought out and closely monitored by its manager.

With the help of the Enterprise Resource Planning (ERP) tool, it was possible to observe in detail all the production chain related to the industry in question, in order to establish the procedures that, when optimized or possibly replaced by more viable techniques, would achieve tangible results for the corporation, serving as an example for commercial partners and even competitors, whether in the same sector or not, to contemplate the unmeasured benefits that were added after the experimentation of this pilot, encouraging them in such a way, to apply similar methods in their production cycles, expanding the benefits gained in an unprecedented quantitative scale.

For this study, it was selected within the context of raw materials, the roll of labels, thus being elected as the target object, where the understanding regarding the applicability of Circular Economy would be properly tested.

Once the first phase of decision making about the most suitable raw material to undergo the readjustment process was concluded, the possible strategies to implement the concept were defined.

Initially, it was conjectured the use of the smooth roll, making use only of its substrate, without the conjunction of labels on the surface so that it could be reused to wrap the products already boxed, about to be shipped to the carrier.

However, it was noticed the low efficiency in what concerns the protection of the products contained in the box; in the little aesthetic attractiveness given and in the little performance promoted to the material, as much as it was expected when readjusting the utility of its function.

Thus, the idea of using a paper shredder emerged, one of those easily found in offices and accessible in the main stationery stores. The objective is to take advantage of the physical concept that comprises, for example, the springs. By going through the fragmentation process, the paper acquires the property of flexibility, which enables it to store mechanical energy, making it, therefore, a pseudo-spring able to dampen the movement of objects inside the box during transportation, ultimately avoiding damage to them.

Despite the addition of an extra procedure in the production chain, with the insertion of the fragmentation action, it was possible to verify a significant improvement and a true optimization regarding the amount of material spent, given the increase in volume caused, as well as in the improvement of aesthetics and the benefit of its new assignment.

In short, an investigative process can be evidenced in practice, with a simple, effective, and easily absorbable solution in the day by day of an organization, in which by recovering all its production, a work of identification is carried out on which inputs, products, and methodologies are likely to be incorporated into the closed production cycle.

When one acquires the ability, by observing the whole, to promptly search for the opportunities contained, a ridiculous raw material, in the eyes of the layman, is equivalent to the master key capable of solving an important humanitarian setback, in the eyes of the visionary.

Thus, a mere support for the labels is transformed into a resource of unavoidable usefulness, which is interesting to highlight the fact that it is manufactured with waxed paper or impregnated with impermeable substances, configuring a non-recyclable waste and difficult to compost.

In other words, the technique of certifying the safety provided in the transportation of goods was improved and new costs were avoided with the purchase of materials such as bubble wrap, whose average price to cover a small box is evaluated at US$ 0.04. When considering a production of 50 thousand boxes per month, it is palpable as a result the conception that just with the implementation of this simple addition of function to a material that would be discarded in the production cycle, besides avoiding an inadequate waste management and an accumulation of materials improperly discarded in landfills, it also brings a saving of about US$ 24,000.00 for the company per year.

Therefore, the maxim that “waste is nothing more than raw material out of place” is proven.

During the process I was present from the start of the Project till its final, working in all steps in activities hands on.

## 6 I CONCLUSION

This work brings to me the opportunity to apply several concepts learned in classes and develop in floor of company, competences and skills of engineering professional, based

on the confluence generated by the bibliographical review, the field research promoted by the collection of data and experiences of partner companies in the segment, as well as on the empirical investigation on the others authors of this essay, demonstrated as a result the initiation of a transformation in the population's view of the Circular Economy theme, ranging from the micro company to the most knowledgeable CEO in the market.

The consumer market is progressively more demanding in selecting which company value their investment and help to maintain the sustainability of the planet, preserving the natural resources in the production cycle, minimizing the impact generated by the discarding and mitigation of the need for extraction of new inputs taken from the environment. In addition to the sustainable benefit granted to the planet, which will reflect significantly on society, the implementation and insertion of Circular Economy instinctively to the internal flows, is also able to promote a boost in its invoicing, from the economy provided in line with the profitability achieved due to the positive movement that had been promoted, and may even gain important highlights of real relevance to the agenda, raising and consolidating such a way, a consumer market even more reliable.

Finally, this case study presented its role in offering the necessary subsidies for companies inclined to adopt such practices, and can be applied due its simplicity and, synchronically, with the endless constructive return that can be achieved, as evidenced in the calculations and analyses based on the data offered.

Besides that, the implementation of this approach brings financial saves to the companies.

## REFERENCES


Alves, R. A., Martins, R. C., & Paulista, P. H. (2017). Case Study at Natura Company: sustainable practices and creation of shared value. *University of Vale do Paraíba.*

Baine, C. The Green Engineer – Engineering Carees to Save the Earth. Engineering Education Service Center. Springfield, OR – 97477 – USA, 2012.

Bornscheuer, U. T. (2016). Feeding on plastic. *Science*, Vol 351 - Issue 6278, pp. 1154 - 1155

Campos, L. C., et al. (2011). Challenges of Engineering Education: vocation, training, professional practice, methodological experiences, and propositions. *COBENGE,* 113-164.

Campos, L.C., et al. (2012). Project Approaches to Learning in Engineering Education – The Practice of Teamwork. 1 ed. Rotterdam – The Netherlands: Sense Publishers, 2012. V. 1. 175p.

Du, X., de Graaff, E., Kolmos, A. Research on PBL Practice in Engineering Education. Sense Publishers, 2009.

Lima. M. R. et al. (2014)

Powell, P & Weenk W. (2003). Project-Led Engineering Education. Lemma Publishers. Ultrech, 2003.

Schwab, K. (2018). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, Edipro Publisher

Stahel, W. R. The Circular Economy. Nature News. Nature Publishing Group, 2016

# CAPÍTULO 8

# EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*) EN GALLETAS TRADICIONALES TIPO CONDESA

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Carlos Ricardo Hanco Cervantes**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

**Olivia Magaly Luque Vilca**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

**Lenin Quille Quille**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0003-3824-5268

**Noe Benjamin Pampa Quispe**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-8072-249X

**Tania Jakeline Choque Rivera**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

**Yimy Hancco Cayllahua**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-8250-9665

**Luz Delia Mamani Perales**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

**Edgardo Martín Figueroa Donayre**
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-7891-3334

**Dayly Milagros Manchego Huaracha**
Instituto de Educación Superior Tecnológico Publico de la Joya
https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0008-7173-5895

**Julissa Torres Acurio**
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú
https://orcid.org/0000-0002-1845-9034

**RESUMEN**: La industria alimentaria busca constantemente innovar y diversificar sus productos para satisfacer la demanda de los consumidores que buscan alimentos saludables y nutritivos. En ese contexto se tiene la harina de mashua y harina de cañihua que han ganado interés por sus propiedades nutricionales y funcionales. A razón de ello en esta investigación se evaluó la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de mashua y harina de cañihua en galletas tradicionales tipo condesa, para ello se elaboraron cuatro formulaciones en las que se variaron los porcentajes de harina

de mashua (8%, 10%), harina de cañihua (1%, 2%), a los que se evaluó la textura y color. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) y diferencia de medias; encontrando que la sustitución parcial de mashua y cañihua influyen en la textura y color en cada uno de las formulaciones comparados con la formulación patrón. La formulación de galleta tradicional que contenía 8% de harina de mashua y 1% de harina de cañihua, presento 3256.57±557.18 gf de dureza, que es menor a las demás formulaciones. Resultados que revelaron que la sustitución parcial de harina de trigo con harina de mashua y harina de cañihua puede ser factible en la producción de galletas tradicionales, con beneficios nutricionales.
**PALABRAS CLAVE**: Cañihua, color, galletas, mashua, y textura.

**ABSTRACT**: The food industry is constantly seeking to innovate and diversify its products to meet the demand of consumers seeking healthy and nutritious foods. In this context, mashua and cañihua flour have gained interest for their nutritional and functional properties. For this reason, this research evaluated the partial substitution of wheat flour with mashua and cañihua flour in traditional cookies, for this purpose, four formulations were elaborated in which the percentages of mashua flour (8%, 10%), cañihua flour (1%, 2%) were varied, and the texture and color were evaluated. The results were statistically analyzed by analysis of variance (ANOVA) and difference of means; finding that the partial substitution of mashua and cañihua influence the texture and color in each of the formulations compared to the standard formulation. The traditional cookie formulation containing 8% of mashua flour and 1% of cañihua flour, presented 3256.57±557.18 gf of hardness, which is lower than the other formulations. Results revealed that the partial substitution of wheat flour with mashua and cañihua flour can be feasible in the production of traditional cookies, with nutritional benefits.
**KEYWORDS:** Cañihua, color, cookies, mashua, and texture.

## 1 I INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria alimentaria se encuentra en constante evolución, impulsada por la creciente conciencia sobre la importancia de la salud y la nutrición por parte de los consumidores. La búsqueda de ingredientes alternativos y prácticas de producción más saludables y sostenibles como también las expectativas cambiantes de los consumidores están impulsando una demanda de productos nutracéuticos (Nguyen et al., 2019).

Una alternativa es la utilización de productos altoandinos como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) que es un tubérculo que se cultiva en ciertas zonas de la región andina (Aguilar-Galvez et al., 2020), que tiene alto contenido en glucosinolatos (Aguilar-Galvez et al., 2023),donde popularmente se cree que posee propiedades medicinales, para aliviar el dolor y las infecciones en humanos entre los que se incluyen actividades antibacterianas, antioxidantes y antiinflamatorias (Apaza Ticona et al., 2020), además que es fuente de compuestos bioactivo, y para su consumo se expone al sol, con el fin de reducir su amargor (Aguilar-Galvez et al., 2020).

Así la harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y la harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la industria alimentaria representa una interesante y prometedora tendencia en la búsqueda de alternativas nutricionales y sostenibles para la producción de alimentos por su alto contenido en antioxidantes y propiedades anticancerígenas, es muy relevante para el sector nutracéutico (Luziatelli et al., 2023). Estos ingredientes, originarios de las regiones andinas de América del Sur, han suscitado un creciente interés a nivel global debido a su valor nutricional por su notable contenido de proteínas de alta calidad, minerales esenciales, y fibra dietética. Esta riqueza nutricional no solo les confiere un valor intrínseco como ingredientes alimentarios, sino que también representa una oportunidad para enriquecer productos tradicionales como son las galletas, al mismo tiempo que promueve la sostenibilidad agrícola y cultural, considerando que los agricultores conservan una gran reserva genética de cañihua, y los bancos de genes mantienen colecciones con estatus ex situ. Sin embargo, la cañawa está en peligro por el creciente desplazamiento hacia cultivos comerciales alternativos con rápidos ingresos económicos (Rodriguez et al., 2023).

Por otra parte, la sustitución de harina de mashua y harina de cañihua en galletas tradicionales puede tener una serie de consecuencias tanto positivas como enriquecimiento nutricional, mejora del valor biológico y también desafiantes como cambios en la textura y sabor considerando que la harina de mashua y cañihua puede tener sabores y texturas que difieren de la harina de trigo, lo que podría no ser del agrado de todos los consumidores. Esto puede resultar en galletas con una textura más densa o un sabor ligeramente diferente, lo que podría influir en la aceptación por parte de los consumidores, por ello la calidad de los productos de panadería influyen sobre todo las tres fases clave de la cadena de producción: molienda, amasado y horneado (Cappelli et al., 2021).

Por lo tanto, la estimación de producir productos horneados saludables, favorece a tener un estilo de vida saludable se pueden lograr con productos de panadería, al usar ingredientes saludables y maximizar la ingesta de nutrientes como fibra, vitaminas y minerales, estos productos pueden ayudar a promover un enfoque más consciente de la cadena de suministro de alimentos mediante el uso de ingredientes locales, naturales y sostenibles.

El propósito fundamental de este estudio es evaluar los efectos de sustituir parcialmente la harina de trigo con la harina de mashua y la harina de cañihua en la calidad de las galletas tradicionales tipo condesas, sobre la textura y color, es de vital importancia promover la transformación de alimentos de la región Puno, la nutrición ha sido un tema prioritario debido a los desafíos que enfrenta la seguridad alimentaria, local, nacional e internacional es por ello que las condesas nutritivas pueden desempeñar un factor importante en la mejora de la alimentación.

## 2 I MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 MATERIALES

Para la elaboración de galletas tradicionales tipo condesas se utilizó harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum)* negra variedad chi'yar (negro) que fue adquirido de la empresa "SUR ANDINO S.A.C." procedente del distrito Pachacamac, región Lima y la harina de cañihua que fue tostada y molido (cañihuaco). Los demás insumos se adquirieren del supermercado de la ciudad de Juliaca. En la figura 01 se muestra el diseño experimental de la presente investigación.

Figura 01. Cañihua (A), mashua (B)

### 2.2 Elaboración de galletas tradicionales tipo condesas.

Para la elaboración de las galletas tradicionales tipo condesa, se consideró la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de mashua (8 y 10 %) y harina de cañihua (1 y 2 %), para lo cual se ensayó cuatro formulaciones, como se muestra en la tabla 1.

| Componentes | Porcentaje panadero (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **T0** | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** |
| Harina de trigo | 100 | 89 | 88 | 90 | 91 |
| Harina de mashua | - | 10 | 10 | 8 | 8 |
| Harina de cañihua | - | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Manteca | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Azúcar en polvo | 33.3 | 33.3 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| Polvo de hornear | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |

To es la muestra control

Tabla 1: Formulación de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en galletas tradicionales tipo condesa.

El proceso de elaboración consistió en pesar los ingredientes, mezclarlos en una

amasadora (marca Nova, Modelo K25), posterior a ello se boleo en mesas de trabajo (acero inoxidable), y dar forma característica a las condesas (redonda con bordes quebradizos), de diámetro 7 cm y grosor de 12.00 mm, finalmente se llevaron al horno (marca Nova, Max 1000) a una temperatura de 160º C por 8 min, las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente. El diseño experimental de observa en la figura 1. Así también se observa en la figura 2 el proceso de enfriado de las condesas para su posterior empacado.

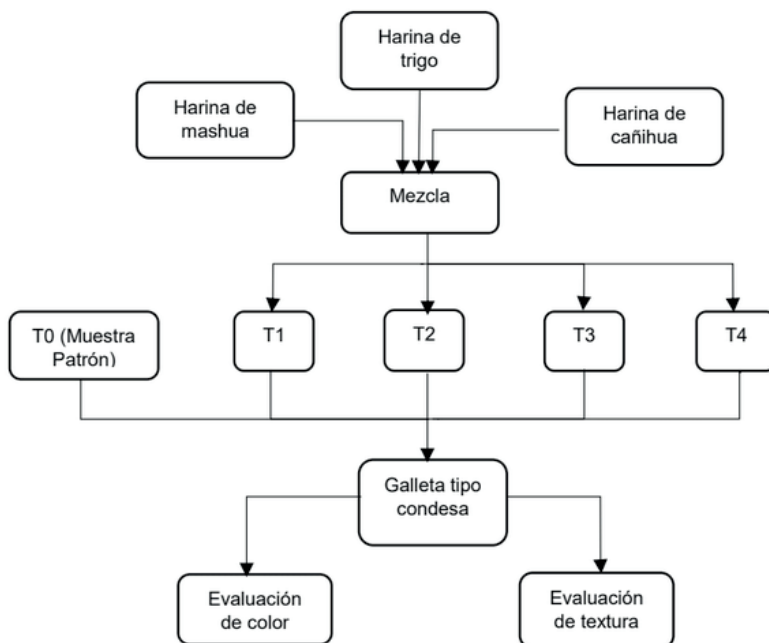



Figura 01: Diseño experimental

Figura 02: Proceso de enfriado de las condesas para su posterior empacado.

### 2.2.1 Análisis de textura

El análisis de perfil de textura se realizó con el equipo Texturómetro Universal marca INSTRON con celda de carga de 500 N Armazón de soporte: Food Support Frame S4427A, que consistió en evaluar la dureza en (gf) y la fracturabilidad en (gf), energía hasta la carga máxima en joule (J) y una altura de la muestra en milímetro (mm) de las galletas tradicionales tipo condesas formuladas y realizando una comparación con la muestra patrón.

### 2.2.2 Análisis de colorimetría

La medición del color por el método CIELab, se determinó mediante uso de un colorímetro FRU- CIELab, donde L* se define como Luminosidad, a* las coordenadas rojo / verde, b* coordenadas amarillo/ azul. Cada prueba se realizó por triplicado. Además, se calculó la intensidad de color croma (C*) y el ángulo de tono (h*). El ángulo de tono (hab) y el croma se calcularon de la siguiente manera: (hab)= arctan (b*/a*); croma= sqrt (a*2 + b*2).

### 2.2.3 Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en media ± desviación estándar. Así también se realizó el análisis de varianza entre las formulaciones, y diferencia de medias según corresponda.

## 3 I RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1 Análisis proximal de la materia prima

Para identificar el aporte nutricional de las materias primas utilizadas en la sustitución de harina de trigo por harina de mashua y harina de cañihua, se presenta en la tabla 2 la composición químico proximal de las materias primas utilizadas en la formulación.

| Componentes | Harina de mashua (%) | Harina de cañihua, tostada y molturada (%) |
|---|---|---|
| Humedad | 10.46±0.09 | 10.7±0.13 |
| Proteína | 12.34±0.08 | 4.2±0.09 |
| Ceniza | 4.66±0.10% | 10.2±0.12 |
| Grasa | 0.81±0.24 | 14.4±0.09 |
| Fibra | 7.07±0.009 | 11.0±0.39 |
| Carbohidratos | 64.67±0.14 | 49.9±0.26 |

Tabla 2. Composición químico proximal de la harina de mashua y harina de cañihua.

Los resultados observados en la tabla 1 muestra que la humedad de harina de mashua fue de 10.46%, este valor cumple con la N.T.P. 205.027(1986) que establece que el máximo permitido de humedad para harinas es de 15%, de igual forma para la harina

de cañihua; además el contenido de proteína es mayor comparado con la harina de oca y otros tubérculos.

Así también la harina de mashua contiene aproximadamente 12.34%±0.08% de proteínas, esto la convierte en una fuente significativa de proteínas; así también contiene 7.07 ±0.009% de fibra que es beneficioso para la salud relacionados con la digestión y la regulación del azúcar en sangre. A razón de ello el cultivo de mashua podría contribuir al mejoramiento de la seguridad alimentaria en las regiones andinas y promover su consumo y contribuir a la promoción de una alimentación más saludable y variada en las regiones andinas.

Por otra parte, la harina de cañihua, contiene un promedio del 4.2% de proteínas, 11% de fibra por lo que se posiciona como un alimento valioso en términos de su aporte proteico y de fibra dietética. Su contenido de proteínas, junto con la calidad de estas, lo convierte en una excelente opción para enriquecer la formulación de matrices alimenticias. Es así que el consumo de cereales integrales frente a los refinados puede mejorar el colesterol total, el colesterol de lipoproteínas de baja densidad, la hemoglobina A1c y la proteína C reactiva (Marshall et al., 2020).

Por todo lo mencionado la harina es uno de los ingredientes principales de las galletas, que afecta a las propiedades de la masa, los cambios físicos durante el horneado y las propiedades de las galletas después del horneado (Myers et al., 2023) por lo que importante la evaluación y caracterización de las materias primas a utilizar en el proceso de formulación de las galletas.

## 3.2 Análisis de textura

En la tabla 3 se muestran los valores de dureza, fracturabilidad de las galletas tradicionales tipo condesa y muestra control (T0). De las cuatro formulaciones propuestas (T1, T2, T3 y T4), el análisis de perfil de textura muestra que la formulación T3 (3256.57±557.18) presenta menor perfil de dureza, en comparación a las demás formulaciones y a su vez menor que la formulación control o testigo (1910.72±55.40), este comportamiento se les atribuye a una correcta interacción de almidón-proteína, estando el valor de dureza dentro de los valores reportados para panes sin gluten (1.33 kg.f a 7.53 kg.f). Estos resultados muestran que la dureza aumentó en la medida que los porcentajes de harina de cañihua, harina de mashua también aumentaron en la formulación. La fracturabilidad probablemente se debe al contenido de manteca. También el tamaño de las partículas afecta a la textura de las galletas, especialmente en lo que respecta a la dureza y la fracturabilidad que aumento de 12.22 a 13.86 N cuando se adiciona harina de soya negra (12.02-13.24) (Yang et al., 2022).

Por lo que la dureza es uno de los parámetros de calidad más importantes en la evaluación y caracterización de los productos de panificación, que a menudo puede

representar un factor de aceptación o rechazo por parte de los consumidores. Por lo que se debe dar importancia a la textura en el procesamiento de los alimentos, en relación con factores tanto fisiológicos como psicológicos (Nishinari et al., 2024).

En cuanto a la fracturabilidad, la formulación T1 (2447.19±227.72) presenta menor valor en comparación a las demás formulaciones y mayor a la muestra testigo, lo que demuestra que cuando en el producto existe un porcentaje considerable de fibra proveniente de la sustitución de las harinas, como también la adición de la manteca la cohesividad disminuye, permitiendo que la galleta pueda deformarse, es así que se demostró que la adición de harina de leguminosas fermentadas afectó la textura y también la apariencia, olor, sabor y sensación residual de las galletas evaluadas (Sangronis, 2021),como también la dureza, elasticidad, masticabilidad y elasticidad de las galletas disminuyeron y la cohesividad, gomosidad y fracturabilidad aumentaron con el aumento de la cantidad de harina de linaza en las galletas (Kaur et al., 2019)., por lo que la sustitución de harinas influye en la textura de las galletas.

| Formulación | Dureza [gf] | Fracturabilidad [gf] | Energía hasta la Carga Máxima [J] | Altura de la muestra [mm] |
|---|---|---|---|---|
| T0 | 1910.72±55.40 | 1635.64±456.74 | 0.03±0.01 | 12.50±0.29 |
| T1 | 4175.06±168.90 | 2526.41±928.92 | 0.03±0.00 | 10.47±0.23 |
| T2 | 3533.21±709.01 | 2447.19±227.72 | 0.03±0.01 | 11.91±1.38 |
| T3 | 3256.57±557.18 | 2724.77±26.04 | 0.04±0.02 | 13.19±0.04 |
| T4 | 3733.35±465.86 | 2809.59±622.20 | 0.03±0.01 | 12.92±0.39 |

Tabla 3: Análisis de textura (parámetros de dureza y fracturabilidad)

Finalmente, la fracturabilidad es un aspecto crítico en la apreciación y la calidad de las galletas. Contribuye significativamente a la experiencia del consumidor, la percepción de frescura y la versatilidad de uso de estos productos horneados, lo que la convierte en un atributo fundamental para la satisfacción del cliente y el éxito en el mercado. La combinación de dureza y fracturabilidad son apreciadas para el consumidor porque las galletas que son duras, pero también quebradizas, ofrecen una textura crujiente y quebradiza que se desintegra fácilmente en la boca, lo que resulta en una experiencia sensorial agradable.

## 3.3 Análisis de color

El color es una de las propiedades de calidad más importantes para la aceptabilidad de los alimentos, además que presentan un impacto positivo sobre los consumidores (Dey & Nagababu, 2022). Los parámetros de color para todas las formulaciones y para la muestra testigo se muestran en la tabla 4. La formulación T1 corresponde al 8 % de sustitución por harina de mashua y 1 % de harina de cañihua es la que tiene más cercanía a la muestra

patrón. En caso de la claridad (L*) la muestra control presenta 67.27±5.67 unidades CIELAB, mientras que las formulaciones que contienen harina de mashua y harina de cañihua se encuentran entre 30.89±1.65 a 35.75±4.90 unidades. Así también el parámetro cromático a* fue 0.914±0.45, mientras que para las demás muestras presentaron valores superiores a la muestra testigo. Por otro lado, el valor b* disminuye mientras se le adiciona harina de cañihua y mashua, y el croma es el valor que indica la intensidad del color en caso de las muestras que contiene harina de cañihua y harina de mashua es más bajo que la muestra control y el tono varió de 0.56 a 1.12.

| Coordenadas de color | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T | L* | a* | b* | Tonalidad (h) | Pureza © |
| Patrón | 67.27±5.67 | 0.914±0.45 | 14.67±1.31 | 1.51 | 14.69 |
| T1 | 32.27±4.33 | 4.30±1.02 | 8.82±3.86 | 1.12 | 9.81 |
| T2 | 30.89±1.65 | 4.21±1.24 | 5.85±2.03 | 0.95 | 7.21 |
| T3 | 35.17±2.05 | 3.33±0.17 | 2.08±0.80 | 0.56 | 3.93 |
| T4 | 35.75±4.90 | 3.59±0.95 | 4.49±2.50 | 0.90 | 5.74 |

L*(luminosidad o blancura: 0 (negro)-100 (blanco)), a* (+ rojo, - verde) y b* (+ amarillo, - azul).

Tabla 4: Análisis de colorimetría (parámetros cromatográficos) de las condesas 2 decimales.

Finalmente, los consumidores se han preocupado cada vez más por una alimentación sana, y los productos a base de granos andinos y tubérculos ofrecen una excelente oportunidad para satisfacer sus necesidades de alimentos saludables. En cuanto a la aceptación, el sabor es absolutamente primordial, considerando que la mayoría de los consumidores no están dispuestos a renunciar al sabor, aunque perciban los beneficios para la salud de los productos. Sin embargo, la información sobre los beneficios para la salud puede aumentar la aceptación. Además, la comodidad y el precio suelen desempeñar un papel importante en la elección de alimentos saludables (Szakály & Kiss, 2023).

## 4 I CONCLUSIONES

El estudio mostró que la formulación (T3) presenta mejores condiciones con respecto a la prueba de perfil de textura, esta formulación contiene 90% de harina de trigo, 8% de harina de mashua, 2% de harina de cañihua expresado en porcentaje panadero, 50% de manteca, 33.3% de azúcar en polvo, y 1.6% de polvo de hornear. Por lo que se puede lograr ofertar productos horneados más saludables y sostenibles en el mercado.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al “GRUPO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS – UNAJ”, adscrito a la

Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca por que trabajar con un equipo tan comprometido es una experiencia enriquecedora, y agradecidos por la colaboración que hemos compartido.

## REFERENCIAS


Aguilar-Galvez, A., García-Ríos, D., Ramírez-Guzmán, D., Lindo, J., Chirinos, R., Pedreschi, R., & Campos, D. (2023). In vitro and in vivo biotransformation of glucosinolates from mashua (Tropaeolum tuberosum) by lactic acid bacteria. *Food Chemistry*, *404*, 134631. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.134631

Aguilar-Galvez, A., Pedreschi, R., Carpentier, S., Chirinos, R., García-Ríos, D., & Campos, D. (2020). Proteomic analysis of mashua (Tropaeolum tuberosum) tubers subjected to postharvest treatments. *Food Chemistry*, *305*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125485

Apaza Ticona, L. N., Tena Pérez, V., & Bermejo Benito, P. (2020). Local/traditional uses, secondary metabolites and biological activities of Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pavón). In *Journal of Ethnopharmacology* (Vol. 247). Elsevier Ireland Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112152

Cappelli, A., Lupori, L., & Cini, E. (2021). Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products, including improvement strategies. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 115, pp. 275–284). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.048

Dey, S., & Nagababu, B. H. (2022). Applications of food color and bio-preservatives in the food and its effect on the human health. In *Food Chemistry Advances* (Vol. 1). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100019

Kaur, P., Sharma, P., Kumar, V., Panghal, A., Kaur, J., & Gat, Y. (2019). Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *18*(4), 372–377. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.004

Luziatelli, G., Alandia, G., Rodríguez, J. P., Manrique, I., Jacobsen, S. E., & Sørensen, M. (2023). Ethnobotany of Andean minor tuber crops: tradition and innovation—Oca (Oxalis tuberosa Molina—Oxalidaceae), Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pav.—Tropaeoleaceae) and Ulluco (Ullucus tuberosus Caldas—Basellaceae). *Varieties and Landraces: Cultural Practices and Traditional Uses: Volume 2: Underground Starchy Crops of South American Origin: Production, Processing, Utilization and Economic Perspectives*, *2*, 79–100. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90057-7.00009-7

Marshall, S., Petocz, P., Duve, E., Abbott, K., Cassettari, T., Blumfield, M., & Fayet-Moore, F. (2020). The Effect of Replacing Refined Grains with Whole Grains on Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials with GRADE Clinical Recommendation. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *120*(11), 1859-1883.e31. https://doi.org/10.1016/J.JAND.2020.06.021

Myers, J. S., Bean, S. R., Aramouni, F. M., Wu, X., & Schmidt, K. A. (2023). Textural and functional analysis of sorghum flour cookies as ice cream inclusions. *Grain and Oil Science and Technology*, *6*(2), 100–111. https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.12.002

Nguyen, H., Morrison, J., & Neven, D. (2019). Changing Food Systems. In *Sustainable Food and Agriculture* (pp. 153–168). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812134-4.00009-1

Nishinari, K., Peyron, M.-A., Yang, N., Gao, Z., Zhang, K., Fang, Y., Zhao, M., Yao, X., Hu, B., Han, L., Mleko, S., Tomczyńska-Mleko, M., Nagano, T., Nitta, Y., Zhang, Y., Singh, N., Suk Meng, A. G., Pongsawatmanit, R., & Gamonpilas, C. (2024). The role of texture in the palatability and food oral processing. *Food Hydrocolloids*, *147*, 109095. https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.109095

Rodriguez, J. P., Bonifacio, A., Gómez-Pando, L. R., Mujica, A., & Sørensen, M. (2023). Cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen). *Neglected and Underutilized Crops: Future Smart Food*, 45–93. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90537-4.00011-9

Szakály, Z., & Kiss, M. (2023). Consumer acceptance of different cereal-based “healthy foods.” *Developing Sustainable and Health-Promoting Cereals and Pseudocereals: Conventional and Molecular Breeding*, 467–488. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90566-4.00002-3

Yang, L., Wang, S., Zhang, W., Zhang, H., Guo, L., Zheng, S., & Du, C. (2022). Effect of black soybean flour particle size on the nutritional, texture and physicochemical characteristics of cookies. *LWT*, *164*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113649

# CONSTRUCTIVE, STYLISTICAL AND ICONOGRAPHIC CHARACTERIZATION OF A NEO-GOTHIC MAUSOLEUM OF CONCHADA CEMETERY

*Data de submissão: 08/11/2023* *Data de aceite: 01/12/2023*

**Jorge Morarji dos Remédios Días Mascarenhas**
Instituto Politécnico de Tomar
Tomar - Portugal
ORCID: 0000-0002-6829-1129

**Maria de Lurdes Belgas da Costa Reis**
Instituto Politécnico de Tomar
Tomar - Portugal
ORCID: 0000-0002-9535-9053

**Fernando G. Branco**
Universidade de Coimbra, ISISE, ARISE
Coimbra - Portugal
ORCID: 0000-0002-8648-678X

**ABSTRACT:** The deep belief in the Resurrection by Christians motivated burials in Portugal, since the Middle Ages, to be carried out inside or next to religious buildings. Due to poor hygienic practices that facilitated the spread of epidemics, thus resulting in population mortality increase, legislation was published in 1835 that prohibited burials in churches and within towns, giving rise to the first cemeteries. The wealthiest families built mausoleums in the form of small chapels, adopting varied architectural styles, from neo-Egyptian, neoclassical, neo-Romanesque, neo-Gothic, neo-baroque, neo-Manueline, to new art, beaux art, etc. In Coimbra, the definitive construction process of the Conchada cemetery began in 1856, according to a plan outlined by the physician Raymundo Venâncio Rodrigues, then mayor. In the 70s and 80s of the 19th century, a large part of the most interesting monuments of this cemetery was built, and it was during this period that a clear specificity of Coimbra funerary art emerged. The typology of the small mausoleum in the form of a chapel – the narrow tombs, constitutes one of the most specific and interesting aspects of the funerary architecture of the Conchada cemetery, in this period. As part of a vast study of this cemetery, all narrow chapel tombs are being analyzed. In methodological terms, the oldest part of the cemetery was selected and subjected to a complete photogrammetric survey. Afterwards, the mausoleums were carefully identified and dated, through burial records. In the next phase, each mausoleum was deeply studied in terms of its architectural style, iconography, and construction process. The work carried out so far, confirmed the presence of a wide variety of architectural styles, decorated with a wealth of complex iconographic elements and

different constructive forms. This communication presents, by way of example, the study of a narrow chapel mausoleum, with a very expressive architecture in the neo-Gothic style and a rich iconography of Brazilian influence.
**KEYWORDS**: Funerary art, Cemetery, Iconography, Mausoleum, Neo-Gothic

## CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA, ESTILÍSTICA E ICONOGRÁFICA DE UN MAUSOLEO NEOGÓTICO DEL CEMENTERIO DE LA CONCHADA

**RESUMEN:** La profunda creencia en la Resurrección por parte de los cristianos motivó que los enterramientos en Portugal, desde la Edad Media, se realizaran en el interior o junto a edificios religiosos. Debido a las malas prácticas higiénicas que facilitaban la propagación de epidemias, con el consiguiente aumento de la mortalidad de la población, en 1835 se publicó una legislación que prohibía los enterramientos en las iglesias y en el interior de las ciudades, dando origen a los primeros cementerios. Las familias más adineradas construyeron mausoleos en forma de pequeñas capillas, adoptando estilos arquitectónicos variados, desde neoegipcio, neoclásico, neorrománico, neogótico, neobarroco, neomanuelino, hasta arte nuevo, beaux art, etc. En Coimbra, la construcción definitiva del cementerio de la Conchada comenzó en 1856, siguiendo un plan elaborado por el médico Raymundo Venâncio Rodrigues, que era alcalde en aquella época. En los años 70 y 80 se construyeron gran parte de los monumentos más interesantes del cementerio, y fue en este periodo cuando surgió una clara especificidad del arte funerario de Coimbra. La tipología del pequeño mausoleo en forma de capilla -las tumbas estrechas- es uno de los aspectos más específicos e interesantes de la arquitectura funeraria del Cementerio de la Conchada en este periodo. En el marco de un amplio estudio de este cementerio, se están analizando todas las tumbas de capilla estrecha. Desde el punto de vista metodológico, se seleccionó la parte más antigua del cementerio, sobre la que se realizó un levantamiento fotogramétrico completo. A continuación, se identificaron y dataron cuidadosamente las tumbas utilizando los registros funerarios. En la fase siguiente, se estudió cada tumba desde el punto de vista de su estilo arquitectónico, iconografía y proceso de construcción. Los trabajos realizados hasta ahora confirman la existencia de una gran variedad de estilos arquitectónicos, decorados con una gran riqueza de elementos iconográficos de gran complejidad y diferentes formas constructivas. Esta comunicación presenta, a título de ejemplo, el estudio de una tumba de capilla estrecha, con una arquitectura de estilo neogótico muy expresiva y una rica iconografía de influencia brasileña.
**PALABRAS-CLAVE**: Arte funerario, Cementerio, Iconografía, Panteones, Neogótico

## 1 I INTRODUCTION

The word cemetery comes from the Greek term *koimetérion*, “dormitory” and the Latin *coemeteriu*, that initially designated, the place where one sleeps - dormitory. Under Christian influence, the term acquired the meaning of a resting place after death.

Since the Middle Ages, the dead were buried in the vicinity or inside churches, monasteries, and convents, in the ground, or in stone tombs, depending on their social status. At the end of the 18th century, due to public health concerns, burials in temples were

banned. It was argued that the ideal location for cemeteries was outside the cities, on airy land, far from water sources and where the winds did not blow towards the cities [1]. Thus, by Decree of 1835 burials began to be carried out in places far from urban agglomerations, similar to what already happened in France.

In Portugal, in addition to the largest cemeteries located in Lisbon and Porto, others were built on a regional scale, of which the Conchada Cemetery stands out, which exerted an aesthetic influence on the cemeteries of the Baixo- Mondego region.

## 2 | THE MAUSOLEUMS

Unable to bury their loved ones inside churches, and inspired by the pioneering French cemetery, Père-Lachaise [2,3], wealthy families throughout the country built stone structures in cemeteries - mausoleums, to deposit their families there.

The mausoleums had different typologies such as: chapel, obelisk, temple, column, sarcophagus, tombstone, statuary, ossuary, portico, cross, mausoleum and logia (Figure 1).

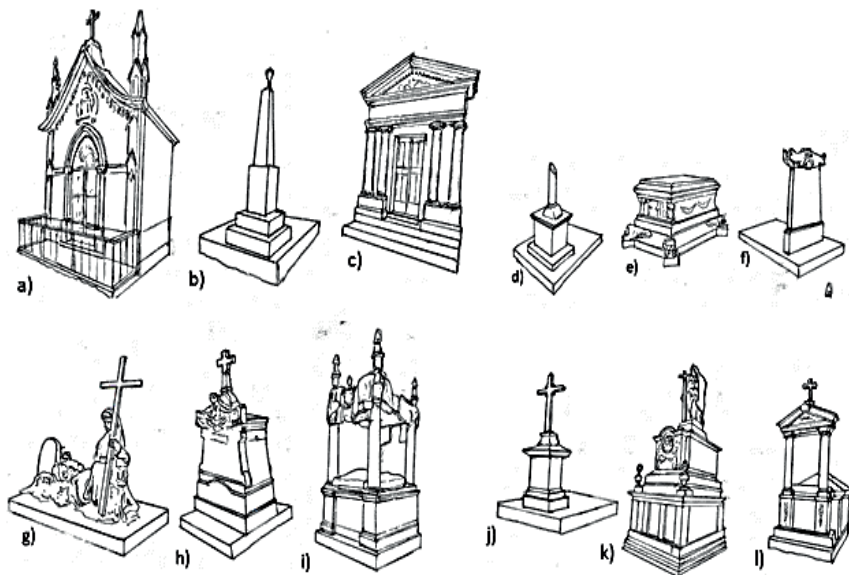



Figure 1: Types of tombs/mausoleums, a) Chapel; b) Obelisk; c) Temple; d) Column; e) Sarcophagus; f) Tombstone; g) Jacent; h) Ossuary i) Portico, j) Cruzeiro; k) Mausoleum; l) Logia (drawings by the author)

In Portugal, the zenith of mausoleums construction occurred in the 70s and 80s of the 19th century. This period coincides with the end of two important concepts in 19th century art: Romanticism, a movement characterized by the freedom of creation, in which sentimentality, fantasy and nostalgia were valued; the Victorian period, in which moral or sentimental values were valued (Victorian morality) which accentuated the material expression of feelings towards death [4]. The artistic materialization of these feelings

and defense of values in the deposits is facilitated by the full development of the steam engine, which made it possible to work stone and iron in an easier and more accessible way. In Portuguese cemeteries, the wealthiest families tried to bury their loved ones inside architectural mausoleums, which could take on different forms and styles: neo-Egyptian, neo-Romanesque, neo-Gothic, neo-Manueline, neoclassical, neo-baroque, beaux-arts, new art, art deco and Portuguese house (Figure 2) [5,6].

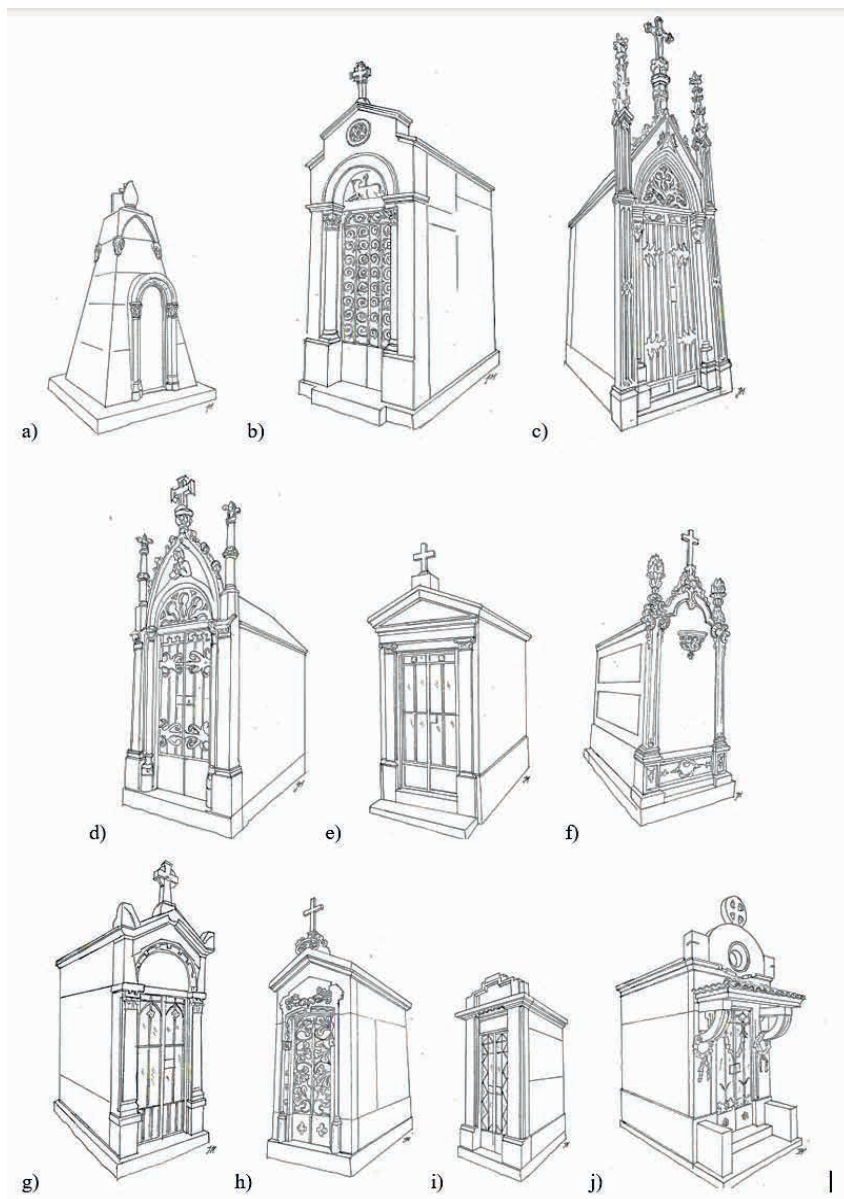



Figure 2: Architectural styles of the mausoleums: a) Neo-Egyptian; b) Neo-Romanesque; c) Neo-Gothic; d) Neo Manueline; e) Neoclassical; f) Neo baroque; g) Beaux-arts; h) Art Nouveau; i) Art Deco; j) Portuguese House (drawings by the author)

Many families prefer to build mausoleums in the form of a miniature church – the chapel mausoleums, mainly due to three main reasons:

Religious - a mausoleum built in the form of a chapel reinforced the deceased’s belief in faith and the immortality of the soul, which seemed to guarantee a place in heaven; Familiar - the mausoleum would be a “home” for the dead of the family, turning into a meeting place with the deceased - “the dead stop at the cemetery”. Built like a stone enclosure, the mausoleum protected the coffin from the weather, safeguarded the bodies decay, in addition to avoiding burial in the dark underworld of the dead [7]; Social - in social terms, through differentiation, an attempt was made to perpetuate the memory and collective importance of the deceased.

## 3 I CONCHADA CEMETERY

The cholera epidemic of 1855-56 strongly propelled the construction of cemeteries, and Coimbra was no exception. The Conchada Cemetery is located in Alto da Conchada. This location was chosen at the time for meeting the necessary conditions for establishing a cemetery: it was located at a reasonable distance from the urban center; it was positioned to the north, which provided protection from “eastern, southern, and western winds saturated with cadaveric emanations”; geologically, it possesses ideal conditions for corpses decomposition, and its size allowed for a large number of graves [8].

Coimbra has always been considered an illustrious city, associated to one of the oldest and most important universities in Europe, where the most important personalities in the country existed and were trained. For this reason, some of them had mausoleums erected with some avant-garde and complexity for the time. Conchada Cemetery, being the cemetery of an “Illustrious City”, will be filled with mausoleums of a great variety and richness of architectural styles, decorated with complex iconographic elements, exposed through careful work of stonework and metalwork. The number of mausoleums built in this cemetery was greater, especially at the end of the 19th century, due to the proliferation of workshops that worked the soft limestone in the region. Of these workshops, the one by João Machado stands out. Works produced in this workshop were disseminated by some national cemeteries.Conchada Cemetery may have received some influences from work carried out in the main national cemeteries – Lisbon and Porto. However, it kept a unique aesthetic, both in stone and ironwork, and became one of the most important and interesting cemeteries regarding funerary art.

### 3.1 The cemetery construction

The construction of the Cemetery began in 1854, according to the outline of physician Raymundo Venâncio Rodrigues [9]. The layout consisted of a vast hexagon measuring

11,750 m², divided into four sectors following a cross, whose quadrants were in turn divided into four rows. The project foresaw the construction of 200 mausoleums arranged around the perimeter of the sectors, inside which shallow graves were located (Figure 3). The oldest nucleus of the Conchada cemetery, built between 1856 and 1918, has a rich and expressive set of aerial tombs (mausoleums), chapel type, almost all built with limestone from the region - Pedra de Ançã, which constitutes a clear specificity in Coimbra funerary art [10,11]. The presence of stonework workshops in the region, utilizing the locally abundant Ançã limestone, contributed to the proliferation of these structures. Moreover, renowned artists such as João de Ruão and João Machado left their distinctive mark on the funerary art of the time, further fueling the development of these avant-garde mausoleums.

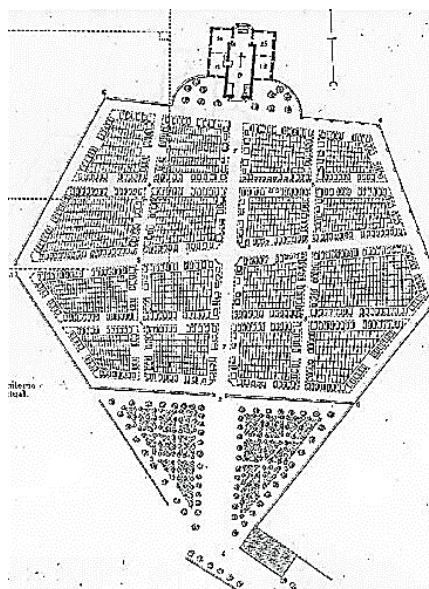



Figure 3: Primitive plan of Conchada Cemetery [12]

According to their economic possibilities, families built, in this cemetery, two types of mausoleums and chapels. The first type featured tombs with a limited interior space that allowed family members to gather, offering a closer proximity to the deceased and the opportunity to pray beside the coffins. The second type, referred to as "narrow mausoleums", was more modest in design.

These tombs lacked the possibility for families to remain inside, instead utilizing the small interior space for shelves to accommodate coffins. The coffins could be introduced either through the front doors or through small hatches located at the rear of the tomb (Figure 4).

a)

b)

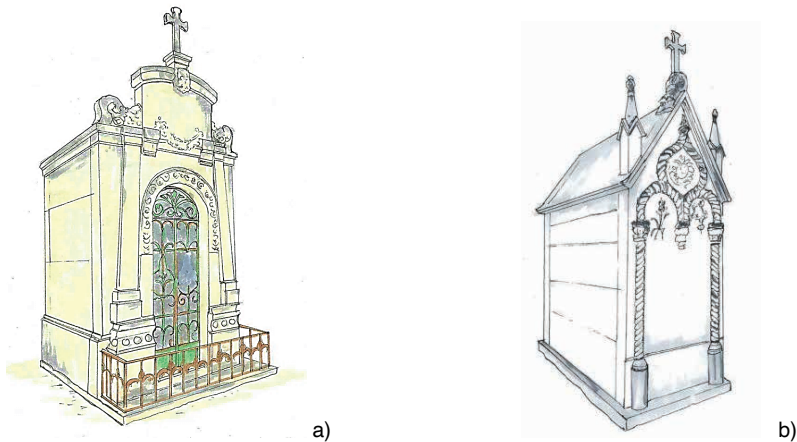



Figure 4. Mausoleums: a) With space for visitors to access inside; b) Narrow tomb with no possibility of access for visitors to its interior.

The narrow mausoleums are relatively compact in size, with a width ranging from 1.2m to 1.5m and a length of approximately 2.5m.

The choice of burial styles sometimes revealed family political beliefs. For example, families linked to the nobility preferred the neo-Gothic style, while the freemasons, due to enlightenment influence, preferred the Neoclassical (Palladian) style.

After the 1890 English Ultimatum, a more Portuguese late Gothic, the Neo-Manueline, replaces the Neo-Gothic style. At the turn of the century, as a challenge to the nobility in power, the most convicted republicans chose a style that was very popular in republican France, Art Nouveau [13,14].

## 3.2 The Mausoleum No. 40 of sector 10

This paper presents a more in-depth study of mausoleum No. 40, belonging to sector 10, regarding the constructive system, architecture, composition, and iconographic decoration. It is a narrow tomb with entrance on the back, in neo-Gothic style, built in 1882, containing an iron railing at the front, for flower placement.

### *3.2.1 Constructive and architectural characterization*

Chapel-type mausoleums have a unique construction system. For hygienic reasons they were entirely built with stone slabs interconnected by metallic brass bolts. This tomb possesses access from the back, thus has its front made up of a very thick slab of stone, on which the arches and columns, as well as various decorative elements, were carved.

To support the interior shelves, an ingenious lateral beam support system was designed (Figure 5). Interestingly, the wimpier (also called ornamental gable) has rounded

lower sides, typical of 19th century romantic chalets.

In architectural terms, this mausoleum fits into the neo-Gothic style (Figure 5), as it has a steeply inclined gable and a “portico” with several pointed arches, in addition to two pinnacles. This architectural style was usually chosen by noble families. Access to the interior is possible via metal doors in the back [15].

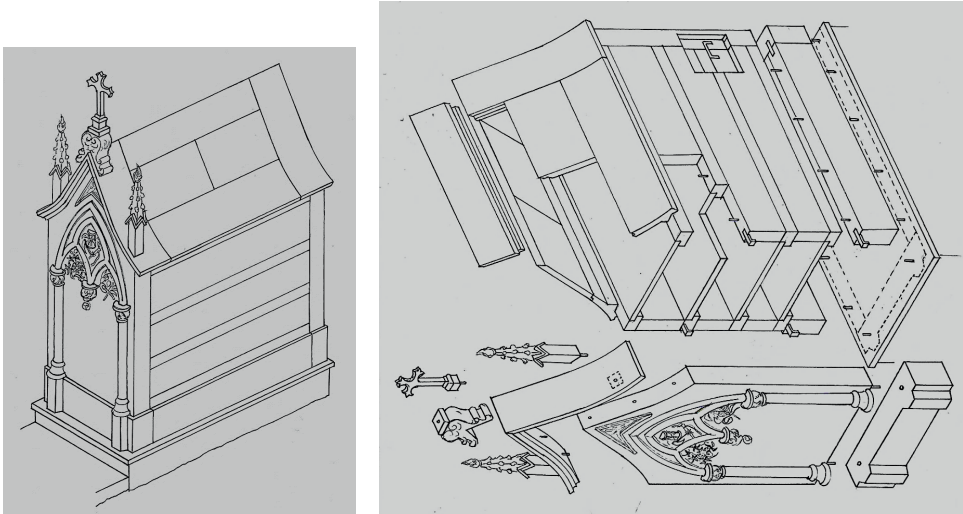



Figure 5: Constructive system of the tomb (original drawings from the author)

The architectural composition was based on two squares, possessing a side size equal to the root of five, and a rectangle. One of the squares encompasses the columns with their respective bases and capitals, while the other surrounds the ogives and pinnacles (Figure 6). The height of the small rectangle, where the plinths of the columns fit, was established by folding the diagonal of the square.

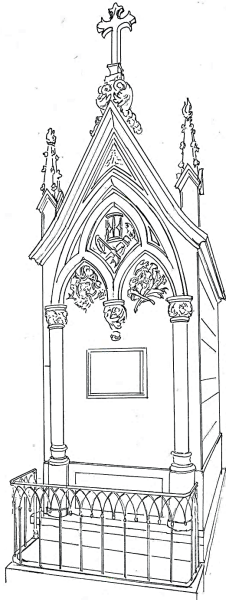
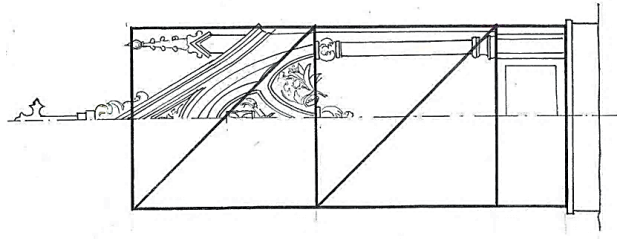



Figure 6: Neo-gothic mausoleum Figure 7: Mausoleum Architectoniccomposition

(original drawings from the author)

### *3.2.2 Iconographic decoration*

The three-lobed arch contains three ogival arches, a reference to the Trinity (Figure 8). The three-lobed arch is surmounted by a stylized lily, in the shape of a Liz flower, identifying the tomb owner as a noble family (Figure 9).

The highest pointed arch contains three symbols very common in Portuguese tombs (Figure 10): an hourglass with wings – which means the inevitability of the passage of time; a scythe - symbol of death and a torch [16].

Figure 8: Three-lobed arch Figure 9: Liz flower Figure 10: Hourglass

(original photos from the author)

Usually the torches appear inverted, meaning death. In this specific case, as the torch is upright, the meaning of resurrection can be attributed. The acanthus leaves on the capitals, which in Greek military camps indicated the faithful depositary of weapons, are twisted, and inverted, indicating mourning and grief [17].

In the right-side ogive (Figure 11), there are two flowers with their respective branches intertwined: one is the flower of longing and the other the perpetual flower, which reveals a "perpetual longing" for the deceased. In the ogive on the left side (Figure 12) there is a passionflower (passion fruit), surrounded by a branch with leaves and tendrils.

The passionflower has this name because it has a series of morphological elements that can be associated with the events of Christ's last hours.

Figure 11: Flower of longing and perpetual

Figure 12: Passionflower

(images from the author)

The European missionaries, when they arrived in America, were enchanted by the exuberance of the passionflower, and immediately associated some of its elements with the Calvary of Christ, attributing great religious importance to it.

The symbolism of the passionflower flower can be related as follows (see Figure 12): the ten petals ("pétalas") would represent the ten apostles, excluding Judas, who betrayed Jesus, and Peter, who denied Him three times; the three stigmata ("estigmas") corresponded to the three nails that nailed Christ to the cross; the five stamens ("estames") represent Christ five wounds; the tendrils ("gavinhas") were the whips used to martyr Him; the shape of the floral crown, completely filled with filaments, became the very image of the crown of thorns carried by Christ, for the act of crucifixion; the leaves would represent the spear that pierced His body. The shades of purple that give color to the flower symbolize the blood spilled by Jesus Christ [18].

The Figure 13 illustrates the symbology of the passion fruit flower. As passion fruit is a typically Brazilian fruit, and as at that time, a few years after Brazil's Independence, many Portuguese returned from Brazil, the so-called "Rich Brazilians", it may indicate that this tomb belongs to a family returned or with interests in Brazil [19].

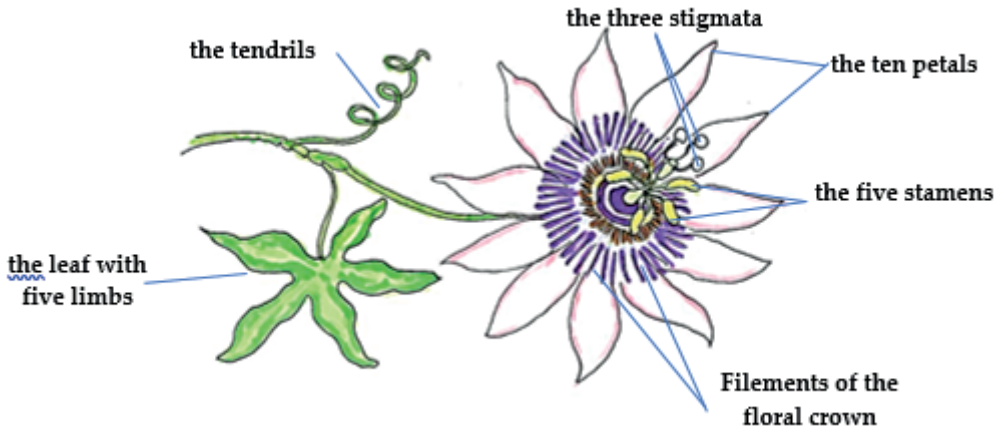



Figure 13: Symbology of passionflower (drawing from the author)

## 4 I CONCLUSIONS

Conchada Cemetery, a 19th century cemetery, boasts a relevant history of the city of Coimbra. It is important to reference and make known the very particular funerary art that exists there and show how tombs and mausoleums can be seen as art forms.

The tomb under study is a narrow chapel tomb in the neo-Gothic style, which belonged to a noble family. It follows the iconographic patterns in vogue at the end of the 19th century, but with influence from Brazil as it features a tropical plant, the passion fruit, in its decoration.

Given the importance of the Conchada Cemetery as a reference for funerary art of its own, extensive research is being carried out on the chapel tombs built at the end of the 19th century. It intends to study and make known the current architectural styles, the symbolism of the iconography with which they are richly decorated and associate the construction process of the tombs with their architectural style. Cemeteries are not just a place of pain, but they are also open-air museums that can be visited and allow sculpture, architecture, and history to be observed, given that cemeteries are testimonies of political, social and artistic events of other times. It is therefore important to study and preserve this funerary heritage.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partly financed by FCT / MCTES through national funds (PIDDAC) under the R&D Unit Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), under reference UIDB / 04029/2020, and under the Associate Laboratory Advanced Production and Intelligent Systems ARISE under reference LA/P/0112/2020.

## REFERENCES

[1] Vieira PA. *Os Cemitérios de Lisboa no século XIX. Pensar e construir o novo palco da memória* (Doctoral dissertation, Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal). 1999.

[2] Lorena PC. *(Portuguese) Vida e obra de Carvalho Monteiro na métrica e simbólica* (Doctoral dissertation). Universidade Técnica de Lisboa. 2004.

[3] Queiroz JF. Os Cemitérios do Porto e a arte funerária oitocentista em Portugal. Consolidação da vivência romântica na perpetuação da memória. Unpublished Tese de Doutoramento em História da Arte, Universidade do Porto. 2002. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto. 2002.

[4] Marsden, G. Victorian Values. ed. Routledge. United Kingdom. 2014.

[5] Mascarenhas J, Belgas L, Vinhas E, Branco FG. The Narrow Mausolea at Conchada Cemetery as Part of Portuguese and European Architectural Heritage. Heritage. 2022 Jul 26;5(3):1852-64. Available from: https://doi.org/10.3390/heritage5030096

[6] Barthel S, Ramosii AC, Castro VM. Estilos Arquitetônicos em Espaços Cemiteriais: Contribuição aos Estudos de Arqueologia Funerária. *Rev. Noctua—Arqueol. e Patrimônio*. 2020;2:107-41. Available from: https://doi.org/10.26892/noctua.v2i5p107-141

[7] Santo MA. *O Espaço Cemiterial Moderno: Um estudo comparativo entre Abney Park e Conchada* (Master's thesis). University of Coimbra. 2020.

[8] Silva ER. *Evolução Identitária de Um Lugar-A Conchada de Coimbra* (Master Thesis). Departamento de Arquitectura da Universidade de Coimbra. Coimbra: Universidade de Coimbra). 2012.

[9] Carvalho, H. P. *A inclusão do cemitério no espaço da cidade*. (Master thesis). Universidade de Lisboa, Faculdade Arquitetura. 2012.

[10] Ribeiro, F. R. Stone of Ançã: *Contribution to the Classification of Global Heritage Stone Resource*. (Doctoral thesis). Universidade de Coimbra. 2017.

[11] Callapez P, Duarte LV, Pedroso da Silva J, Dinis P, Marques JF, Cruz R. Reflexões sobre a pedra dos monumentos tumulares góticos de Santa-Clara-a-Nova. Proveniência de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal. 2014 Aug 1:213-25.

[12] Queiroz F, Portela AM. O Cemitério da Conchada, Introdução ao seu estudo. MUNDA. Rev. do Grupo de Arqueol. e Arte do Cent. 1999 May;37:65-76.

[13] Nobre, N. *Construção Erudita em Adobe*. (Master thesis). Instituto Politécnico de Tomar. 2020

[14] Madsen, S. T. Art Noveau. Mododeler. Lisboa. 2012.

[15] Nobre, S. Cemitérios Lisboetas, Romantismo e Medievalismo. ed. Câmara Municipal de Lisboa. s/d.

[16] Chevalier, Jean; Gheerbrant, Alain, Dicionário dos Símbolos, ed. Teorema. 1994.

[17] Xavier, P. A morte, símbolos e alegorias. ed. Livros Horizonte. Lisboa. 2021.

[18] Azevedo, M. Histórico de passiflora L, com enfoque no subgénero decaloba. (DC.) RCHB (Passifloraceae Senso Stricto). Diversidade e Gestão. 2(1); 2018. pp. 36-45. e-ISSN: 2527-0044.

[19] Motta A. Estilos mortuários e modos de sociabilidade em cemitérios Brasileiros oitocentistas. Horizontes Antropológicos. 2010;16:55-80.

# CAPÍTULO 10

# ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E COMERCIAL PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA AGROINDÚSTRIA DE POLPA DE FRUTAS

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Lílian Maria Moreira Lopes**
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0009-0001-7893-9945

**Larissa De Oliveira Atalla**
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0009-0009-6436-3066

**Leonardo França da Silva**
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-9710-8100

**Victor Crespo de Oliveira**
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Botucatu – São Paulo (Brasil)
https://orcid.org/0000-0003-2719-9972

**Bianca Moreira Vicente**
Faculdade de Botucatu – UniBR
Botucatu – São Paulo (Brasil)
https://orcid.org/0000-0003-2849-9583

**Denis Medina Guedes**
Universidade Federal de Viçosa
Florestal - Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0009-0004-9847-8471

**Fabiane de Fátima Maciel**
Universidade de Federal Viçosa -
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-7117-6965

**Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez**
Universidade Estadual de Campinas –
Campinas - São Paulo (São Paulo)
https://orcid.org/0000-0003-0941-8051

**RESUMO**: O último Censo Agropecuário realizado em 2006, apontou que 24,3% das propriedades agropecuárias brasileiras eram ocupadas pela agricultura familiar e que estas possuíam uma renda média anual de R$ 13,6 mil. Para auxiliar no desenvolvimento sustentável da agricultura, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) oferece apoio em investimentos, custeio e comercialização de safras, além de auxiliar no investimento em máquinas e equipamentos para as agroindústrias. Neste contexto, será analisado o caso de um agricultor familiar residente na zona rural de Visconde do Rio Branco (MG) que produz frutas como manga, goiaba e maracujá em sua propriedade, e futuramente pretende investir no plantio de graviola. O mesmo é fortemente dependente de indústrias de sucos presentes na região para comercializar suas frutas. Isto acontece por que existem muitos outros agricultores que também comercializam frutas para

estas indústrias, o que gera grande oferta e faz com que eles recebam o preço imposto pelas mesmas. Para evitar tal problema, o agricultor familiar pretende investir na implantação de uma agroindústria de polpas de frutas, agregando valor aos produtos e buscando reduzir a perda de frutas devido a sua perecibilidade. Assim, para verificar a viabilidade e o retorno do investimento da agroindústria de polpa de frutas, foi realizado um Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Comercial (EVTEC). Através da análise dos indicadores econômicos e financeiros utilizados, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback*, foi possível concluir sobre a viabilidade de implantação da agroindústria. Ao considerar três cenários, pessimista, realista e otimista, os indicadores utilizados foram positivos em cada um deles, indicando que a agroindústria proporcionará retorno financeiro e econômico para o agricultor em qualquer uma das situações analisadas.
**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia econômica; Projeto de fábrica; Viabilidade econômica.

**ABSTRACT**: The last Agricultural Census carried out in 2006 showed that 24.3% of Brazilian agricultural properties were occupied by family farming and that they had an average annual income of R$ 13.6 thousand. To assist in the sustainable development of agriculture, the National Program for Strengthening Family Farming (Pronaf) offers support in investments, funding and commercialization of crops, in addition to assisting in investment in machinery and equipment for agro-industries. In this context, the case of a family farmer residing in the rural area of Visconde do Rio Branco (MG) who produces fruits such as mango, guava and passion fruit on his property, and in the future intends to invest in planting soursop, will be analyzed. It is heavily dependent on juice industries present in the region to sell its fruits. This happens because there are many other farmers who also sell fruit to these industries, which generates a large supply and means that they receive the price imposed by them. To avoid this problem, the family farmer intends to invest in the implementation of a fruit pulp agroindustry, adding value to the products and seeking to reduce the loss of fruit due to its perishability. Therefore, to verify the viability and return on investment of the fruit pulp agroindustry, a Technical, Economic and Commercial Feasibility Study (EVTEC) was carried out. Through the analysis of the economic and financial indicators used, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and payback, it was possible to conclude on the feasibility of implementing the agroindustry. When considering three scenarios, pessimistic, realistic and optimistic, the indicators used were positive in each of them, indicating that the agribusiness will provide financial and economic returns for the farmer in any of the situations analyzed.
**KEYWORDS:** Economic engineering; Factory design; Economic viability.

## 1 | INTRODUÇÃO

A agricultura familiar possui características específicas que a diferem do agronegócio tradicional em que há produção em larga escala, uma vez que nela a propriedade é gerida e compartilhada pela família, tendo como principal geração de renda a atividade produtiva na propriedade (SEAD, 2016). Os requisitos da propriedade rural destinada à agricultura familiar são: possuir área de até quatro módulos fiscais, sendo este a unidade de medida agrária utilizada na classificação fundiária do imóvel, em hectares; utilizar, no mínimo, metade da força de trabalho familiar no processo produtivo e geração de renda; possuir,

no mínimo, metade da renda familiar de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; gerir o estabelecimento ou empreendimento familiar (BRASIL, 2017).

O Censo Agropecuário de 2006, aponta que haviam 4.367.902 propriedades de agricultura familiar, representando 84,4% dos estabelecimentos rurais do Brasil. Tais propriedades somavam uma área de 80,25 milhões de hectares, representando 24,3% da área ocupada por propriedades agropecuárias no Brasil. Já em relação às receitas obtidas nestas propriedades, o Censo mostra que cerca de um terço, representando 3 (três) milhões de agricultores familiares, possuíam uma receita média anual de R$ 13,6 mil, em que os produtos da agroindústria como polpas, geleias, doces, entre outros, representavam 3,44% das receitas no Brasil e 4,71% em Minas Gerais (MDA, 2006).

Para auxiliar no desenvolvimento da agricultura familiar existe o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Ele permite que os agricultores tenham acesso a financiamentos de acordo com as necessidades que possuem, seja de investimentos, custeio e comercialização de safra ou ainda de atividade agroindustrial com a aquisição de maquinários. No entanto, para usufruir de tais investimentos, o agricultor deve ter uma renda anual de, no máximo, R$ 360 mil, além de possuir documentos específicos, como a Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) ou o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar (CAF), que comprovam sua aptidão para receber tais benefícios (SEAD, 2016).

No tocante a este trabalho, será analisado a situação de um agricultor familiar residente na zona rural de Visconde do Rio Branco (MG) que possui, atualmente, 95% de área total destinada aos plantios de manga, maracujá e goiaba. No momento, as frutas são vendidas nas feiras da cidade e também em Ubá, além de serem comercializadas por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e para indústrias de sucos da região. No entanto, por ser um produto muito perecível, estas devem ser vendidas rapidamente para evitar possíveis perdas. A safra da manga, por exemplo, ocorre apenas uma vez ao ano durante o período de três a quatro semanas, ocasionando elevado volume de fruta em um curto intervalo de tempo, podendo causar perdas da safra caso estas não sejam comercializadas imediatamente após a colheita. Além disso, como há muitos produtores na região, a oferta é elevada na época da safra e, com isso, as indústrias de sucos, com seu poder de barganha, estabelecem o preço que estão dispostas a pagar, sendo estes valores muito baixos e muitas vezes não compensando o custo de produção.

Para evitar tais problemas, o agricultor pretende investir na implantação de uma agroindústria de polpas de frutas em sua propriedade como forma alternativa de utilização das frutas, agregando valor econômico às mesmas e minimizando perdas devido à sua alta perecibilidade, já que o produto *in natura* poderá ser processado na época da safra e a polpa armazenada por um maior período de tempo. O empreendimento possibilitará também que o agricultor fique menos refém dos preços impostos pelas empresas da região dado que uma menor parcela de sua produção de frutas será destinada a estas.

Diante das informações apresentadas, este trabalho tem como objetivo a realização

de um estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial, afim de analisar a possibilidade de implantação da agroindústria de polpa de frutas em uma propriedade de agricultura familiar. Na análise de viabilidade técnica foram analisados o processo produtivo, a infraestrutura, além de aspectos externos à organização como legislação e impacto ambiental que pode ser gerado pela agroindústria. Na análise de viabilidade comercial foram analisados o mercado, o sistema de valor do setor agroindustrial da região, os canais de distribuição disponíveis e a precificação praticada pelos concorrentes. Já na análise de viabilidade financeira, foi analisado os investimentos, custos e despesas incorridos com o empreendimento, faturamento, bem como indicadores econômicos e financeiros como VPL, TIR e *payback*, cujos resultados auxiliaram o agricultor na tomada de decisão.

## 2 I METODOLOGIA

O presente trabalho é um relatório técnico que apresenta um estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial para instalação de uma agroindústria de polpa de frutas. Dessa forma, toda análise foi feita tendo como base essas três esferas: viabilidade técnica, viabilidade comercial e viabilidade econômica.

Na viabilidade técnica foram identificadas as matérias-primas e insumos necessários para produção das polpas, as exigências legais para o produto final e se descreveu o processo produtivo, bem como os equipamentos necessários. Além disso, foi proposto uma estrutura para a fábrica de modo a permitir que as operações sejam realizadas de forma eficiente, bem como analisados os aspectos regulatórios e impactos ambientais.

Na viabilidade comercial foi realizada uma pesquisa para levantamento de informações sobre o mercado de polpas de frutas e as necessidades que os clientes deste segmento possuem, bem como análise das forças de mercado presentes. Além disso, foi definido o sistema de valor da agroindústria, seu canal de distribuição e identificado os preços praticados pelas concorrentes da região.

Por fim, na viabilidade econômica foram determinados os cenários para análise de possíveis resultados e feito um plano de investimentos, definindo os custos, as despesas e a quantidade de polpa a ser produzida de acordo com a disponibilidade de matéria-prima. Além disso, foram elaborados os fluxos de caixa e calculados os indicadores econômicos para os três cenários propostos a fim de verificar a viabilidade dos mesmos, bem como feito a comparação entre o ponto de equilíbrio destes.

A partir da análise de todos itens mencionados anteriormente foi possível concluir sobre a viabilidade de se construir a agroindústria familiar de polpa de frutas de forma satisfatória, uma vez que foram considerados aspectos técnicos, comerciais e econômicos, proporcionando analisar o empreendimento como um todo, bem como possíveis oportunidades e riscos.

## 3 I RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos referentes ao estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial (EVTEC) para a implantação da agroindústria familiar de polpas de frutas na região de Visconde do Rio Branco (MG). Cada esfera do EVTEC (viabilidade técnica, viabilidade econômica e viabilidade comercial) foi apresentada separadamente em tópicos e os aspectos abordados em cada uma foram organizados em subtópicos.

### 3.1 Viabilidade Técnica

#### *3.1.1 Matéria-prima e insumos*

A matéria-prima para a produção da polpa é a própria fruta referente ao seu sabor, sendo que não haverá adição de qualquer tipo de aromatizante, corante ou conservante. As polpas produzidas na agroindústria serão de manga, goiaba, maracujá e, futuramente, graviola. Estas frutas serão obtidas na própria propriedade e o agricultor pretende continuar sendo autossuficiente na produção. Caso o negócio cresça e suas terras deixem de ser capazes de sustentar o mesmo, o proprietário pretende fazer parcerias com outros agricultores da região. Já em relação aos insumos a serem utilizados para produção das polpas, serão necessários água e água sanitária para o processo de lavagem da matéria-prima.

#### *3.1.2 Processo produtivo*

O estudo do processo produtivo é essencial para o entendimento do funcionamento da fábrica e para que a mesma seja projetada atendendo a todas as necessidades de estrutura e equipamentos, contribuindo para a otimização de recursos e para se obter um produto final de qualidade. Dessa forma, o fluxo produtivo em uma indústria de polpa de frutas pode ser representado pela Figura 1.

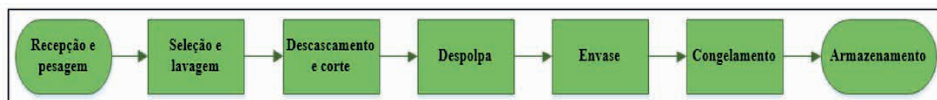



Figura 1 - Processo produtivo

### 3.2 Viabilidade comercial

#### *3.2.1 Análise de mercado*

Conforme Brito (2011), a comercialização de polpas de frutas naturais e concentradas

em embalagens de menor e maior capacidade para o consumo diário das famílias, como por exemplo de 100 g ou 1.000 g, vem alcançando cada vez mais espaço no mercado, sendo muitas vezes preferência pelos consumidores em relação a refrigerantes ou outros produtos industrializados que utilizam conservantes, aromatizantes sintéticos, acidulantes químicos e edulcorantes artificiais. O congelamento da polpa com o objetivo de manter seu estado natural demonstra-se uma opção eficiente para preservar as qualidades intrínsecas das frutas e evitar a utilização de aditivos químicos, estando de acordo com as preferências dos consumidores de produtos naturais.

Além disso, de acordo com o Sebrae, o principal destino das frutas consumidas, tanto *in natura* quanto processadas, é o mercado interno, sendo que apenas a laranja se destina, em sua maioria, à exportação na forma de suco concentrado. Vale ressaltar que é possível observar uma tendência de substituição do suco de frutas pronto pela polpa industrializada, uma vez que proporciona vantagens à saúde, mantém o sabor natural da fruta e possui menor preço em razão dos custos de embalagem.

A Tabela 1 mostra um resumo das necessidades dos clientes segmentado por: necessidade da indústria, caso o produto seja comercializado para indústrias de sucos, sorvetes e doces, por exemplo; necessidade do consumidor final, caso o produto seja comercializado direto para o cliente em feiras ou supermercados; e necessidade dos estabelecimentos intermediários, caso o produto seja comercializado para bares, restaurantes, indústrias que preparam as refeições aos funcionários, entre outros.

| Necessidades dos clientes | | |
|---|---|---|
| INDÚSTRIA | Rendimento | Não adicionar água à polpa<br>Brix da fruta |
| CONSUMIDOR FINAL | Sabor<br>Aparência/cor<br>Embalagens individuais | |
| ESTABELECIMENTOS INTERMEDIÁRIOS | Sabor<br>Aparência/cor<br>Rendimento<br>Padrão das polpas<br>Embalagens maiores | |

Tabela 1 - Necessidades dos clientes

Como mercados diferentes envolvem soluções de embalagem e sistemas de distribuição também diferentes, é de extrema importância definir o mercado alvo para então se adotar as melhores estratégias. Considerando que seria muito difícil competir com os demais concorrentes que já possuem uma grande variedade de sabores disponíveis no mercado para atender o consumidor final, foi definido que a melhor estratégia é ter como público alvo indústrias e estabelecimentos intermediários, oferecendo a estes uma polpa

de qualidade, concentrada e sem adição de água, proporcionando maior rendimento.

### 3.2.2 Forças de mercado

Porter (2004) apresenta cinco forças que são determinantes para a competitividade de uma empresa, são elas: ameaça de entrada, em que novas empresas buscam conquistar uma parcela do mercado; intensidade da rivalidade entre os concorrentes, em que os mesmos disputam por uma posição no mercado; pressão dos produtos substitutos, que pode ocasionar o declínio de determinado produto diante do mercado; poder de negociação dos compradores e poder de negociação dos fornecedores.

No presente trabalho, as forças de mercado estão relacionadas às organizações que poderão interferir na produção, precificação e venda das polpas de frutas que serão produzidas na agroindústria. Desse modo, as forças de mercado analisadas são os fornecedores, os concorrentes e os influenciadores da agroindústria de polpa de frutas. Os fornecedores são aquelas pessoas que fornecem matérias-primas e demais mercadorias necessárias para o funcionamento do processo produtivo. Diferentemente, os concorrentes são aqueles que fornecem produtos semelhantes aos que serão produzidos, ou seja, são os demais produtores de polpas da região. Por outro lado, os influenciadores são as empresas da região que oferecem produtos substitutos à polpa, como os sucos prontos, mas que, devido à quantidade de frutas que são processadas nessas empresas, acabam influenciando na precificação das matérias-primas e, consequentemente, do produto final. A identificação destas empresas é importante para se prever o comportamento do mercado e, assim, estabelecer ações estratégicas que visem potencializar a atuação do empreendimento e/ou se prevenir de possíveis ameaças.

Para operar, a agroindústria receberá as matérias-primas necessárias, as frutas, que são produzidas na propriedade do próprio agricultor familiar. Eventualmente, na falta de alguma delas para a produção de polpa, o agricultor poderá receber a mesma de outros agricultores da região, de modo que o produto não fique em falta no mercado e o cliente o tenha sempre disponível. Assim, os fornecedores serão parceiros do negócio que poderá trabalhar de forma colaborativa de modo que ambos serão beneficiados com o sucesso da agroindústria de polpa de frutas.

O principal concorrente da agroindústria é a empresa Polpa Roma, localizada na fazenda Capoeirinha, na cidade de Guidoval (MG). Esta empresa foi criada no ano 2000, com atividade econômica principal de Fabricação de conservas de frutas, ela já comercializa polpa de frutas na região e possui uma carteira de clientes fidelizados. Assim, esta empresa, trata-se de um concorrente direto do empreendimento projetado e por isso é importante estabelecer estratégias de entrada ao mercado para conquistar e fidelizar novos clientes.

Os influenciadores são empresas instaladas na região de Visconde do Rio Branco

que fabricam sucos, como a Tial e a Minas Fruit. Ambas, por já estarem consolidadas no mercado, influenciam a agroindústria de polpas com relação aos preços das matérias-primas, uma vez que elas adquirem uma quantidade muito maior das frutas para processamento. A Minas Fruit é um empreendimento que atua no mercado há mais de 25 anos produzindo polpa de fruta integral asséptica, polpa integral congelada, entre outros alimentos. Já a Tial, foi fundada em 1986 e produz sucos e néctares. Estas empresas consomem grande parte da produção das frutas na região, e por isso, possuem o poder de barganha no estabelecimento dos preços de compra da matéria-prima.

### *3.2.3 Sistema de valor do setor*

Visando a compreensão das relações externas e internas envolvidas com a cadeia de valor da agroindústria foi elaborada a Figura 2. O sistema de valor da agroindústria é composto primeiramente pelos insumos que são utilizados, bem como pelos procedimentos adotados pela agricultura familiar como, por exemplo, adubos, fertilizantes, procedimentos de colheita das frutas, procedimentos de podas das plantas, entre outros. Esses insumos e procedimentos interferem diretamente no preço da matéria-prima que será ofertada para a agroindústria de polpa de frutas.

A agroindústria terá como foco comercializar os seus produtos para consumidores intermediários e, eventualmente, poderá realizar a venda para os consumidores finais da cadeia. Mas para isso, é necessário cumprir os requisitos legais dos órgãos reguladores e buscar alternativas e diferenciais competitivos em relação aos concorrentes, bem como obter parcerias e investimentos a fim de alavancar o negócio.

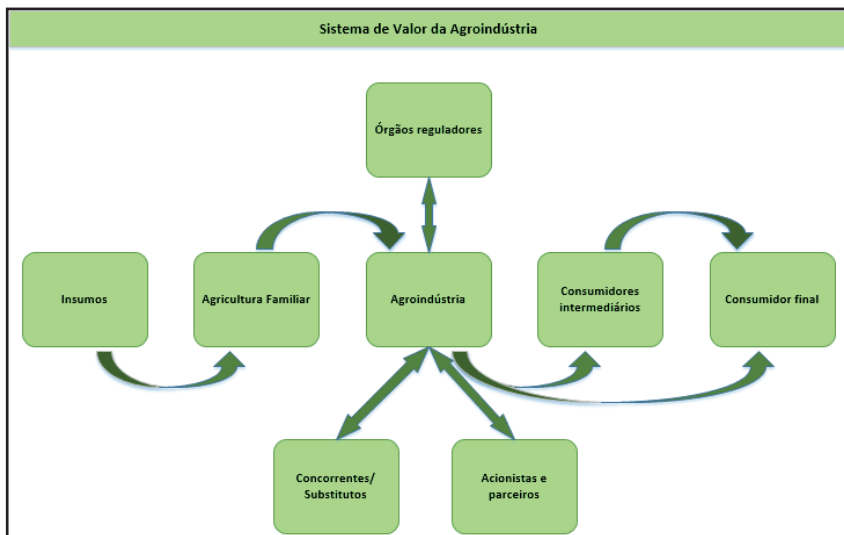



Figura 2 - Sistema de valor

### 3.2.4 Canal de distribuição

Visando um canal de distribuição adequado, foram analisados possíveis consumidores das polpas de frutas, sendo eles: bares, lanchonetes, restaurantes, indústrias instaladas na região de Visconde do Rio Branco, ou cidades vizinhas, como Ubá e Guiricema, que possuem refeitório em seu interior, bem como os clientes que adquirem os produtos diretamente na feira e a prefeitura, que o adquire por meio do PNAE. No total, foram identificadas 11 indústrias com potencial de serem clientes da agroindústria e há muitas lanchonetes e restaurantes na região que podem vir a adquirir as polpas da empresa.

Neste sentido, a agroindústria fará as entregas nestes estabelecimentos semanalmente, em datas pré-agendadas com os clientes. Além disso, destaca-se que o único contato direto que a agroindústria fará com o consumidor final será através das feiras, uma vez que a maior parte do produto será entregue aos clientes intermediários. Assim, pressupõe-se um canal de distribuição com entregas regulares e em grandes quantidades em cada uma.

### 3.2.5 Precificação

Além de identificar seus possíveis clientes, é importante que a empresa saiba precificar corretamente seus produtos, analisando as necessidades e exigências do cliente e também o preço praticado pelos concorrentes. Assim, de modo a ter um parâmetro para determinar o preço que as polpas poderiam ser vendidas, foram coletados os valores dos pacotes de 100 g de polpas da Bela Ischia e polpa Roma, encontrados em alguns supermercados da região. O menor preço, o maior e o valor médio para cada sabor obtido entre todos os comércios pesquisados estão dispostos na Tabela 2.

| Polpa | Mínimo | Valor médio | Máximo |
|---|---|---|---|
| Manga | R$ 0,90 | R$ 0,99 | R$ 1,09 |
| Maracujá | R$ 1,10 | R$ 1,64 | R$ 1,79 |
| Goiaba | R$ 0,90 | R$ 1,04 | R$ 1,19 |
| Graviola | R$ 1,10 | R$ 1,51 | R$ 1,69 |

Tabela 2 - Preço das polpas de frutas

## 3.3 Viabilidade Econômica

### 3.3.1 Construção de cenários

Para análise da viabilidade econômica foram estabelecidos três cenários: pessimista,

realista e otimista. A diferenciação destes foi baseada no preço de venda das polpas de frutas praticado pelo mercado, conforme já mencionado no item anterior. Para o cenário pessimista (cenário 1) foi identificado o menor preço para que o empreendimento fosse viável sob o ponto de vista econômico, conforme Tabela 3:

| Polpa (100g) | Preço |
|---|---|
| Manga | R$ 0,65 |
| Maracujá | R$ 0,79 |
| Goiaba | R$ 0,65 |
| Graviola | R$ 0,79 |

Tabela 3 - Precificação no cenário 1

Já no cenário realista (cenário 2) foi utilizado o menor preço praticado pelos concorrentes, enquanto que no cenário otimista (cenário 3) foi utilizado o preço médio praticado pelos concorrentes para cada sabor, conforme pesquisa de mercado realizada e apresentada na Tabela 2.

### *3.3.2 Plano de* **investimentos**

Os investimentos necessários para a agroindústria estão listados na Tabela 8, segmentados por tipo de investimento, totalizando em R$ 252.602,40. Os investimentos na infraestrutura física foram baseados na área de fábrica e em pesquisas de mercado em relação ao valor da construção por m². Foram estimados que a construção terá 100 m², sendo que o valor médio da construção por m², conforme Campos Jr (2017), foi de R$ 1.066,68. Além disso, foi considerada a possibilidade de construir utilizando o isopainel, o que pode acarretar em uma economia de até 20% na construção. Assim, considerando esses fatores, a estrutura física da fábrica foi estimada em R$ 85.334,40.

Já os equipamentos necessários no processo produtivo, como balança, lavatórios, despolpadeiras, embaladeira, câmara fria, etc., totalizaram em um valor de R$ 162.167,12. Os acessórios, que incluem extintor de incêndio, ventilador, computador, telefone e uniformes, foram estimados em R$ 2.801,37. O mobiliário, por sua vez, que engloba mesas, cadeiras e armários para vestiário e almoxarifado totalizaram em R$ 1.379,71. Os materiais de uso corriqueiro, como recipientes para a fruta lavada e despolpada, lixos e utensílios de limpeza, correspondem a um valor de R$ 295,00. Por fim, em relação aos serviços, estimou-se um gasto de R$ 624,80 correspondente à implementação do site e instalação de internet e alarme.

| Investimento (R$) | |
|---|---|
| Estrutura física | 85.334,40 |
| Equipamentos | 162.167,12 |
| Acessórios | 2.801,37 |
| Mobiliário | 1.379,71 |
| Materiais de Uso Corriqueiro | 295,00 |
| Serviços | 624,80 |
| **Total** | **252.602,40** |

Tabela 4 - Investimentos

Custos e despesas

Os custos fixos mensais da agroindústria têm sua maior parcela associada ao pagamento de mão de obra, os outros itens incluem materiais de limpeza, energia elétrica, água e manutenção de equipamentos, totalizando R$ 10.932,00 mensais, conforme apresentado na Tabela 5.

| Custos fixos | | |
|---|---|---|
| Administrador | R$ | 1.908,00 |
| Salário do Funcionário 1 | R$ | 954,00 |
| Salário do Funcionário 2 | R$ | 954,00 |
| Encargos Sociais | R$ | 3.816,00 |
| Material de limpeza | R$ | 500,00 |
| Manutenção de Equipamentos | R$ | 1.200,00 |
| Energia Elétrica + água | R$ | 1.600,00 |
| **Total** | **R$** | **10.932,00** |

Tabela 5 - Custos fixos mensais

As despesas fixas mensais, são os gastos que a empresa possui, mas que não estão diretamente relacionados ao processo produtivo da empresa. Portanto, inclui-se gastos como transporte, internet, materiais de escritório, serviços de contabilidade, dentre outros, estimando em R$ 2.228,15 mensais, conforme indicado na Tabela 6.

| Despesas fixas | | |
|---|---|---|
| Transporte (gasolina) | R$ | 854,30 |
| Serviços de Internet e telefonia | R$ | 119,85 |
| Serviço de Contabilidade | R$ | 954,00 |
| Material de escritório | R$ | 300,00 |
| **Total** | **R$** | **2.228,15** |

Tabela 6 - Despesas fixas mensais

Os custos variáveis estão relacionados, principalmente, com as frutas que serão utilizadas para produção da polpa. O valor de referência utilizado para estimativa dos custos variáveis foram os valores já praticados pela agricultura familiar na venda dos produtos para as agroindústrias existentes na região. Além das frutas, foi considerado gastos com outros insumos, como embalagem, água sanitária, sacolas e salário de funcionário que é contratado nos períodos de alta produção. Estes valores estão explicitados na Tabela 7.

| **Custos variáveis** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Descrição** | **Qtd** | | **Valor** | |
| Manga | 1 | Kg | R$ | 0,58 |
| Maracujá | 1 | Kg | R$ | 1,50 |
| Goiaba | 1 | Kg | R$ | 0,50 |
| Graviola | 1 | Kg | R$ | 3,00 |
| Embalagem 100g | 100 | und | R$ | 7,90 |
| Água Sanitária | 2 | L | R$ | 4,57 |
| Sacolas Plásticas | 1000 | und | R$ | 23,21 |
| Salário do Funcionário temporário | 1 | und | R$ | 954,00 |
| **Total** | | | **R$** | **995,26** |

Tabela 7 - Custos variáveis

Vale ressaltar que apesar das frutas serem colhidas na propriedade do agricultor, conforme detalhado no próximo item, estas foram consideradas como custos variáveis pois ao destinar as mesmas para a produção de polpas, o produtor estaria deixando de ganhar com a venda das mesmas, representando de certa forma um custo que deve ser levado em consideração.

### *3.3.3 Produção das matérias-primas*

A produção da agricultura familiar, isto é, a quantidade de frutas colhida na propriedade, corresponde à oferta de matéria-prima disponível para a agroindústria. Com base nesta informação, estimou-se uma parcela que seria destinada para produção de polpas e, com isso, a fábrica foi dimensionada de modo que a capacidade instalada fosse capaz de processar toda essa oferta.

Entende-se como um ano safra agrícola o período entre agosto de um ano a julho do ano seguinte. Segundo informações fornecidas pelo agricultor, a safra da manga dura aproximadamente de 3 semanas a 2 meses, sendo as frutas colhidas ainda verdes, de modo que há pouca perda, apenas 10%. Em relação ao maracujá, na safrinha (produção no 1º ano após o plantio) se produz entre 25 a 30 toneladas, enquanto que na safra (produção no 2º ano) se obtém 40 a 50 toneladas, tem-se a produção dessa fruta durante praticamente todo ano, exceto nos meses de setembro e outubro. Já para a goiaba a safra geralmente dura aproximadamente 40 dias, podendo-se prolongar esse período de acordo com a poda

que é realizada.

A Tabela 8 apresenta as quantidades produzidas de cada fruta com suas respectivas áreas de plantio para o ano safra 2016/2017, cujos valores foram utilizados para se obter a quantidade de matéria-prima disponível para processamento.

| Fruta | Área (ha) | Quantidade produzida (kg) |
|---|---|---|
| Manga | 2,5 | 41.800 |
| Maracujá | 6 | 56.912,2 |
| Goiaba | 1 | 77.222 |

Tabela 8 - Dados do plantio safra 2016/2017

### *3.3.4 Quantidade polpa de frutas*

Como o empreendedor pretende processar apenas as frutas que são produzidas na sua propriedade, foram utilizados os dados históricos do mesmo para estimar a quantidade de matéria-prima para processamento das polpas. A partir de toda a produção da agricultura familiar, foi estimado que no primeiro ano 30% da produção seria destinada para o processamento da polpa, 40% no segundo ano, e a partir do terceiro ano 50% da produção. O restante das frutas será vendido para as empresas que eles já comercializam e nas feiras, já que eles já participam destas vendendo outros produtos cultivados na propriedade e ainda conseguem uma margem de lucro maior que se negociada com as indústrias.

A partir da quantidade de frutas para processamento, foram calculadas a quantidade de polpa a ser produzida pela agroindústria. Para realização deste cálculo foi utilizado o rendimento de cada fruta, e também foi considerada uma perda durante o processamento, mostrado na Tabela 9. Esta perda foi estimada, considerando possíveis prejuízos devido a perecibilidade da fruta e da polpa, erros durante o processamento, entre outros fatores externos que podem interferir na eficiência da produção. A perda com a manga foi maior, devido à colheita de toda a safra ocorrer em um período muito curto, o que impacta na quantidade de matéria-prima a ser processada e no aumento da produção em um pequeno espaço de tempo.

| Produto | Rendimento | Perda |
|---|---|---|
| Manga | 53% | 20% |
| Maracujá | 35% | 10% |
| Goiaba | 80% | 10% |
| Graviola | 70% | 10% |

Tabela 9 - Rendimento e perda com a produção

Assim, a partir das informações de quantidade e rendimento, foi calculada a quantidade de polpa produzida pela agroindústria, conforme Tabela 10. Ressalta-se que

a graviola será comercializada a partir do quarto ano de funcionamento da agroindústria, produzindo 6.300 kg de polpa.

| | Ano 1 (Kg) | Ano 2 (Kg) | Ano 3 – Ano 4 (Kg) | Ano 5 – Ano 10 (Kg) |
|---|---|---|---|---|
| Manga | 5.596,80 | 7.462,40 | 9.328,00 | 9.328,00 |
| Maracujá | 5.300,81 | 7.067,74 | 8.834,68 | 8.834,68 |
| Goiaba | 17.863,14 | 23.817,51 | 29.771,89 | 29.771,89 |
| Graviola | - | - | - | 6.300 |
| | 28.760,74 | 38.347,66 | 47.934,57 | 54.234,57 |

Tabela 10 - Quantidade de polpa produzida na empresa (kg)

### *3.3.5 Fluxo de caixa*

Para elaboração do fluxo de caixa foram considerados um financiamento pelo Pronaf no valor de R$ 165.000,00, com carência de 3 anos e taxa de juros anual de 5,5%. Além disso, os valores foram corrigidos ao longo do tempo com uma inflação de 3,8%, conforme meta estabelecida para o governo em 2018.

A Tabela 11 mostra o fluxo de caixa do empreendimento para o cenário pessimista. Observa-se que apesar de neste cenário se utilizar o menor preço para que o negócio fosse viável economicamente, os resultados demonstram-se positivos já no segundo ano.

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (-) Investimento | - 252.602,40 | | | | | | | | | | |
| **Receita Operacional Líquida** | | **194.002,77** | **268.499,84** | **348.378,54** | **361.616,93** | **433.281,92** | **449.746,63** | **466.837,00** | **484.576,81** | **502.990,73** | **522.104,37** |
| (-) Custos Fixos | | - 111.984,00 | - 117.900,19 | - 122.380,40 | - 127.030,85 | - 131.858,03 | - 136.868,63 | - 142.069,64 | - 147.468,29 | - 153.072,08 | - 158.888,82 |
| (-) Custos Variáveis | | - 71.481,66 | - 102.888,45 | - 132.983,83 | - 138.037,21 | - 185.976,14 | - 193.043,24 | - 200.378,88 | - 207.993,28 | - 215.897,02 | - 224.101, 11 |
| (-) Despesas | | - 26.737,80 | - 27.753,84 | - 28.808,48 | - 29.903,20 | - 31.039,53 | - 32.219,03 | - 33.443,35 | - 34.714,20 | - 36.033,34 | - 37.402,61 |
| **EBITDA** | | **- 16.200,69** | **19.957,36** | **64.205,84** | **66.645,66** | **84.408,22** | **87.615,73** | **90.945,13** | **94.401,05** | **97.988,28** | **101.711,84** |
| (-) Depreciação | | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 |
| **LAJIR** | | **- 45.252,05** | **- 9.094,00** | **35.154,48** | **37.594,30** | **55.356,86** | **58.564,38** | **61.893,77** | **65.349,69** | **68.936,93** | **72.660,48** |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (-) Imposto sobre o LAJIR | | | | - 3.937,30 | - 4.210,56 | - 6.199,97 | - 6.559,21 | - 6.932,10 | - 7.319,17 | - 7.720,94 | - 8.137,97 |
| (+) Depreciação | | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 |
| (-) Capital de giro | - 45.302,90 | | | | | | | | | | 45.302,90 |
| **FCL** | **- 297.905,30** | **- 16.200,69** | **19.957,36** | **60.268,53** | **62.435,10** | **78.208,25** | **81.056,52** | **84.013,03** | **87.081,88** | **90.267,35** | **93.573,87** |
| Novos Financiamentos tomados | 165.000,00 | | | | | | | | | | |
| (-) Amortização paga pelos financiamentos | | | | | - 32.646,43 | - 31.350,00 | - 30.053,57 | - 28.757,14 | - 27.460,71 | - 26.164,29 | - 24.867,86 |
| **FDA** | **- 132.905,30** | **- 16.200,69** | **19.957,36** | **60.268,53** | **29.788,67** | **46.858,25** | **51.002,95** | **55.255,88** | **59.621,17** | **64.103,06** | **68.706,01** |

Tabela 11 - Fluxo de caixa no cenário pessimista

A Tabela 12 mostra o fluxo de caixa do empreendimento para o cenário realista. Nota-se que ao se adotar neste cenário o menor preço praticado pelos concorrentes tem-se um resultado positivo já no primeiro ano de operação.

| | **Ano 0** | **Ano 1** | **Ano 2** | **Ano 3** | **Ano 4** | **Ano 5** | **Ano 6** | **Ano 7** | **Ano 8** | **Ano 9** | **Ano 10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (-) Investimento | - 252.602,40 | | | | | | | | | | |
| **Receita Operacional Líquida** | | **269.448,30** | **372.916,44** | **483.859,09** | **502.245,73** | **601.780,44** | **624.648,10** | **648.384,72** | **673.023,34** | **698.598,23** | **725.144,96** |
| (-) Custos Fixos | | - 111.984,00 | - 117.900,19 | - 122.380,40 | - 127.030,85 | - 131.858,03 | - 136.868,63 | - 142.069,64 | - 147.468,29 | - 153.072,08 | - 158.888,82 |
| (-) Custos Variáveis | | - 71.481,66 | - 102.888,45 | - 132.983,83 | - 138.037,21 | - 185.976,14 | - 193.043,24 | - 200.378,88 | - 207.993,28 | - 215.897,02 | - 224.101,11 |
| (-) Despesas | | - 26.737,80 | - 27.753,84 | - 28.808,48 | - 29.903,20 | - 31.039,53 | - 32.219,03 | - 33.443,35 | - 34.714,20 | - 36.033,34 | - 37.402,61 |
| **EBITDA** | | **59.244,83** | **124.373,96** | **199.686,38** | **207.274,46** | **252.906,74** | **262.517,20** | **272.492,85** | **282.847,58** | **293.595,79** | **304.752,43** |
| (-) Depreciação | | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 | - 29.051,36 |
| **LAJIR** | | **30.193,48** | **95.322,61** | **170.635,02** | **178.223,11** | **223.855,39** | **233.465,84** | **243.441,50** | **253.796,23** | **264.544,43** | **275.701,07** |
| (-) Imposto sobre o LAJIR | | - 3.381,67 | - 10.676,13 | - 19.111,12 | - 19.960,99 | - 25.071,80 | - 26.148,17 | - 27.265,45 | - 28.425,18 | - 29.628,98 | - 30.878,52 |
| (+) Depreciação | | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 | 29.051,36 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (-) Capital de giro | - 45.302,90 | | | | | | | | | | 45.302,90 |
| **FCL** | **- 297.905,30** | **55.863,16** | **113.697,83** | **180.575,26** | **187.313,47** | **227.834,94** | **236.369,03** | **245.227,41** | **254.422,40** | **263.966,81** | **273.873,91** |
| Novos Financiamentos tomados | 165.000,00 | | | | | | | | | | |
| (-) Amortização paga pelos financiamentos | | | | | - 32.646,43 | - 31.350,00 | - 30.053,57 | - 28.757,14 | - 27.460,71 | - 26.164,29 | - 24.867,86 |
| **FDA** | **- 132.905,30** | **55.863,16** | **113.697,83** | **180.575,26** | **154.667,05** | **196.484,94** | **206.315,45** | **216.470,26** | **226.961,69** | **237.802,53** | **249.006,05** |

Tabela 12 - Fluxo de caixa no cenário realista

A Tabela 13 mostra o fluxo de caixa do empreendimento para o cenário otimista. Neste cenário, os resultados também são positivos já no primeiro ano de funcionamento da agroindústria, sendo ainda maiores que no cenário realista, uma vez que se utilizou o preço médio praticado pelos concorrentes.

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (-) Investimento | -252.602,40 | | | | | | | | | | |
| **Receita Operacional Líquida** | | **328.118,17** | **454.115,54** | **589.214,92** | **611.605,08** | **745.281,12** | **773.601,81** | **802.998,67** | **833.512,62** | **865.186,10** | **898.063,18** |
| (-) Custos Fixos | | -111.984,00 | -117.900,19 | -122.380,40 | -127.030,85 | -131.858,03 | -136.868,63 | -142.069,64 | -147.468,29 | -153.072,08 | -158.888,82 |
| (-) Custos Variáveis | | -71.481,66 | -102.888,45 | -132.983,83 | -138.037,21 | -185.976,14 | -193.043,24 | -200.378,88 | -207.993,28 | -215.897,02 | -224.101,11 |
| (-) Despesas | | -26.737,80 | -27.753,84 | -28.808,48 | -29.903,20 | -31.039,53 | -32.219,03 | -33.443,35 | -34.714,20 | -36.033,34 | -37.402,61 |
| **EBITDA** | | **117.914,70** | **205.573,06** | **305.042,21** | **316.633,81** | **396.407,43** | **411.470,91** | **427.106,80** | **443.336,86** | **460.183,66** | **477.670,64** |
| (-) Depreciação | | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 | - 29.026,60 |
| **LAJIR** | | **88.888,11** | **176.546,47** | **276.015,61** | **287.607,22** | **367.380,83** | **382.444,31** | **398.080,21** | **414.310,26** | **431.157,07** | **448.644,04** |
| (-) Imposto sobre o LAJIR | | -9.955,47 | -19.773,20 | -30.913,75 | -32.212,01 | -41.146,65 | -42.833,76 | -44.584,98 | -46.402,75 | -48.289,59 | -50.248,13 |
| (+) Depreciação | | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 | 29.026,60 |
| (-) Capital de giro | -45.302,90 | | | | | | | | | | 45.302,90 |
| **FCL** | **-297.905,30** | **107.959,23** | **185.799,86** | **274.128,46** | **284.421,81** | **355.260,77** | **368.637,14** | **382.521,82** | **396.934,11** | **411.894,07** | **427.422,51** |
| Novos Financiamentos tomados | 165.000,00 | | | | | | | | | | |

| (-) Amortização paga pelos financiamentos | | | | | -32.646,43 | -31.350,00 | -30.053,57 | -28.757,14 | -27.460,71 | -26.164,29 | -24.867,86 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FDA** | **-132.905,30** | **107.959,23** | **185.799,86** | 274.128,46 | 251.775,38 | 323.910,77 | 338.583,57 | 353.764,68 | 369.473,40 | 385.729,78 | 402.554,65 |

Tabela 13 - Fluxo de caixa no cenário otimista

### *3.3.6 Indicadores econômicos e financeiros*

Para análise de viabilidade econômica e financeira foi utilizado um custo de oportunidade de 10% e um custo de capital de 12%. O custo de oportunidade e o custo de capital foram obtidos considerando a taxa Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) para o ano de 2018. Esta taxa é um índice utilizado pelos bancos brasileiros para controlar as taxas de juros cobradas no Brasil. A diferença entre as taxas acima é que o custo de oportunidade aborda a vantagem de um investimento quando comparado a outro que poderia ser feito. Já o custo de capital está relacionado ao momento em que se escolhe investir, ou seja, aborda o valor do dinheiro no tempo.

A Tabela 14 mostra os indicadores econômicos e financeiros para os três cenários analisados como forma de comparação.

| Indicadores | Cenário pessimista | Cenário realista | Cenário otimista |
|---|---|---|---|
| VPL econômico | R$ 44.183,63 | R$ 847.394,03 | R$ 1.503.628,85 |
| VPL financeiro | R$ 77.098,85 | R$ 805.949,78 | R$ 1.400.024,20 |
| TIR econômica | 12% | 46% | 66% |
| TIR financeira | 21% | 81% | 122% |
| Payback simples (anos) | 7 | 3 | 3 |
| Payback descontado (anos) | 9 | 4 | 3 |

Tabela 14 - Indicadores financeiros e econômicos nos três cenários

É possível observar que os indicadores econômicos e financeiros foram positivos e a TIR econômica foi maior do que o custo de oportunidade de 10% e a TIR financeira foi maior do que o custo do capital de 12% em todos os cenários. Além disso, o *payback* é menor que 10 anos em todos os cenários, havendo um retorno relativamente rápido nos cenários realista e otimista, confirmando a viabilidade de implantação da agroindústria de polpas de frutas.

### *3.3.7 Ponto de Equilíbrio*

Os gráficos a seguir representam um resumo dos fluxos de caixa para todos os cenários analisados e visa evidenciar o ponto de equilíbrio para cada caso, isto é, mostrar

a quantidade mínima a ser produzida de polpa para que a receita se sobressaia aos custos totais.

No cenário pessimista, observa-se que a receita passa a sobressair os custos a partir do segundo ano, conforme demonstrado na Figura 3, sendo o mínimo de polpas a ser produzida para que o negócio seja viável é em torno de 38.000 kg.

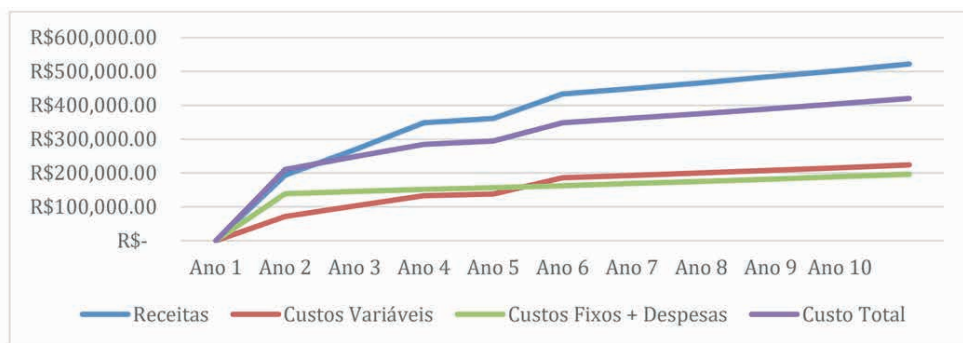



Figura 3 - Ponto de equilíbrio no cenário pessimista

Já no cenário realista, o negócio se mostra viável já no primeiro ano, como é apresentado na Figura 4, havendo a possibilidade de se reduzir 8% da quantidade de matéria-prima que se é utilizada e ainda manter a receita maior que o custo. Em outras palavras, 21.000 kg de polpa produzida seria o suficiente para tornar o empreendimento viável.

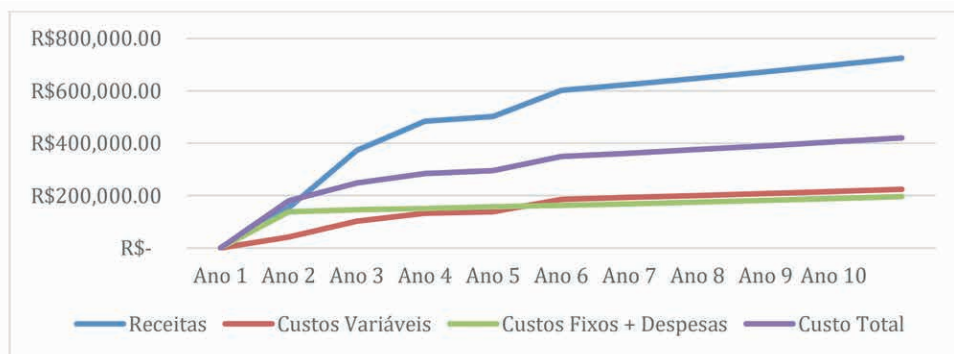



Figura 4 - Ponto de equilíbrio no cenário realista

No cenário otimista, por sua vez, também pode-se visualizar através da Figura 5, que no primeiro ano o negócio já é viável, sendo possível reduzir a quantidade de matéria-prima utilizada em 13%, o que proporciona a produção de 16.297 kg de polpa de frutas e ainda mantém a receita maior que os custos.

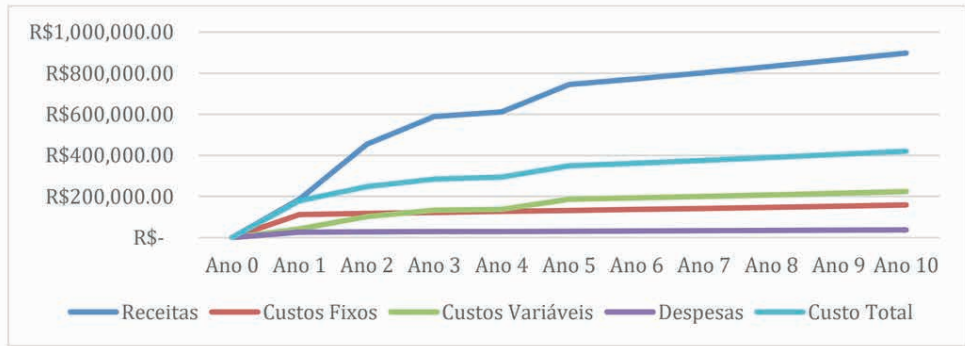



Figura 5 - Ponto de equilíbrio no cenário otimist

### 3.4 Conclusão sobre viabilidade

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o projeto é viável do ponto de vista técnico, comercial e econômico. Os fatores que ratificam a conclusão sobre a viabilidade técnica são: produto existente no mercado, com alto potencial e comercialização; equipamentos necessários para a realização da produção existem no mercado e podem ser facilmente adquiridos por diversos fornecedores; e infraestrutura necessária pode ser construída, utilizando-se o próprio local onde as frutas são produzidas, reduzindo os custos logísticos do empreendimento.

O projeto é viável comercialmente já que o mercado demanda por produtos confiáveis, de qualidade e alto rendimento. Vale ressaltar que o mercado principal é composto por clientes intermediários, como por exemplo, restaurantes, lanchonetes, indústrias e escolas que realizam ou comercializam refeições no estabelecimento.

Do ponto de vista econômico e financeiro, o projeto é viável, uma vez que na análise financeira os indicadores apresentam resultados positivos mesmo no cenário pessimista.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos cenários propostos foi possível visualizar os resultados decorrentes da aplicação de diferentes preços aos produtos, o que permite ao empreendedor enxergar possíveis riscos do negócio e precificar melhor seu produto de acordo com a realidade do mercado, se revelando uma forma eficiente de se analisar a viabilidade do empreendimento, além de garantir a competitividade e permanência dos produtos diante dos concorrentes.

Quanto à metodologia adotada, ela foi adequada para se atingir o objetivo proposto, uma vez que possibilitou a realização de uma análise dos principais pontos que interferem na viabilidade técnica, econômica e comercial de um negócio, obtendo uma visão completa do empreendimento e contribuindo para que os resultados apresentados fossem condizentes com a realidade, proporcionando assim maior segurança ao proprietário para tomada de

decisão.

Os conceitos de projeto de fábrica e engenharia econômica foram fundamentais para a realização deste trabalho. Os elementos e as etapas do projeto de fábrica nortearam as atividades que deveriam ser realizadas, de modo que o sistema produtivo, a capacidade produtiva, identificação de máquinas e equipamentos, bem como a localização do empreendimento fosse idealizado da melhor forma possível. Assim, após o levantamento de tais dados, foi possível utilizar os conceitos de engenharia econômica, como VPL, TIR e *Payback* para analisar a viabilidade do empreendimento, demonstrando possíveis ganhos e o retorno que o agricultor terá com a implantação da agroindústria.

Ao mesmo tempo, vale ressaltar que o sucesso de qualquer empresa, seja industrial, comercial ou de serviços depende de várias decisões, que devem ser tomadas antes de abrir as portas para os clientes e, para fundamentar essas decisões, a realização de um EVTEC é essencial, pois abrange desde análises de mercado e tecnologias utilizadas a aspectos organizacionais e financeiros, possibilitando compreender mais a respeito do ramo da atividade escolhida e seu mercado, além de possibilitar prever os possíveis resultados e, com isso, aplicar o capital da melhor forma.

## REFERÊNCIAS


ASKIN, R. G.; GOLDBERG, J. B. Design and Analysis of Lean Production Systems. New York: John Wiley & Sons Inc., 2002.

BLANK, L. T; TARQUIN, A. Engenharia econômica. Tradução José Carlos Barbosa dos Santos; revisão técnica Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto. São Paulo: McGraw – Hill, 2008.

BRASIL. Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017. Dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9064.htm>. Acesso em: 12 fev. 2018.

BRASIL. Lei Nº 13.648, de 11 de abril de 2018. Dispõe sobre a produção de polpa e suco de frutas artesanais em estabelecimento familiar rural e altera a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2018/lei-13648-11-abril-2018-786541-publicacaooriginal-155317-pl.html> Acesso em: 28 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta (e Suco de Fruta). Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal> Acesso em: 28 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria N° 879 de 28 de novembro de 1975. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/portaria-no-879-de-28-de-novembro-de-1975.doc/view> Acesso em: 28 jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sds_dads_agroextra/_arquivos/familia_censoagro2006_65.pdf>. Acesso em 12 fev. 2018.

BRITO, A. Relatório Final de Consultoria Agroindústria de Polpa de Frutas. Consultoria para a Implementação da Doação do SFLA. Recife, 2011. Disponível em: < https://docplayer.com.br/4104714-Relatorio-final-de-consultoria-agroindustria-de-polpa-de-frutas.html> Acesso em: 07 mar. 2018.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, vol. 01, n. 06, 1998. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/academicos/bruni9802.pdf > Acesso em 01 nov. 2018.

BRUNI, A. L.; FONSECA, Y. D. Técnicas De Avaliação De Investimentos: Uma Breve Revisão Da Literatura. Cadernos de Análise Regional. v.1, p.40 - 54, 2003.

CAMPOS JR, Ricardo. MS termina 2017 com metro quadrado da construção civil em R$1.060. Campo Grande News, Campo Grande, 10 jan. 2018. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/economia/ms-termina-2017-com-metro-quadrado-da-construcao-civil-em-rs-1-060>. Acesso em: 02 mar. 2018.

CASAROTTO F, N.; KOPITKE, B. H. Análise de investimentos. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

EMBRAPA. Manual de boas práticas de fabricação de polpa de fruta congelada. Disponível em: <http://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/boas-praticas-na-fabricacao-de-polpa-de-fruta-congelada.doc>. Acesso em: 10 fev. 2018.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. Administração da Produção e Operações. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2002.

HIRSCHFELD, H. Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KODALI, R.; ROUTROY, S. Performance value analysis for selection of facilities location in competitive supply chain. International Journal Management and Decision Making, 7 (5): 476-493, 2006.

MOREIRA, D. A. Administração da produção e operações. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo, Cengage Learnig, 2008.

NETO, A. Matemática Financeira e suas Aplicações. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. Projeto de Fábrica e Layout. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NOGUEIRA, E. Introdução à Engenharia Econômica. São Carlos, EdUFSCar, 2011.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007. Disponível em: <https://goo.gl/diYL2L>. Acesso em: 05 nov. 2018.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos. São Paulo: Thomson Learning, 2003.

PORTER, M. E. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ROMEIRO, E.; FERREIRA, C. V.; MIGUEL, P. A. C.; GOUVINHAS, R. P.; NAVEIRO, R. M. Projeto do produto. Elsevier Brasil, 2013.

RUSSEL, R. Operations Management and Student CD: International Edition. 4ª. ed. Prentice Hall, 2002.

SAMANEZ, C. P. Engenharia econômica. 3. reimp. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014.

SEAD - Secretaria Especial de Agricultura e do Desenvolvimento Agrário. O que é a agricultura familiar. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-%C3%A9-agricultura-familiar>. Acesso em: 16 set. 2018.

SEBRAE Agronegócios. Fabricação de polpas: oportunidade em alta. Disponível em: <http://www.sebraemercados.com.br/fabricacao-de-polpas-oportunidade-em-alta/>. Acesso em: 25 abr. 2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TORRES, O. F. F. Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

VANNUCCI, L. R. Matemática financeira e engenharia econômica: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2017.

WEISE, A. D. Engenharia Econômica. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 2011. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/engproducao/wpcontent/uploads/Apostila%20Engenharia%20Economica.pdf > Acesso em: 01 nov. 2018.

# QUALITY IMPROVEMENT OF A CASTING PROCESS USING DESIGN OF EXPERIMENTS

*Data de aceite: 01/12/2023*

**Ramón Ángel Pons Murguía**
PhD. Lecturer. Researcher. Faculty of Industrial Engineering. University of Guayaquil.

**Eulalia María Villa González del Pino**
PhD . Lecturer. Researcher. Faculty of Industrial Engineering. University of Guayaquil.

**Yanko Bermúdez Villa**
MSc. Lecturer. Researcher. Faculty of Industrial Engineering. University of

**Janeisy Hernández del Sol**
MSc . Lecturer. Researcher. Faculty of Industrial Engineering. University of Guayaquil.

**ABSTRACT**: Quality improvements of castings which do not meet the acceptance specifications, request to identify the process parameters related to the defects and its levels. This research work, was aimed to optimize the production of pump impellent castings using the Response Surface Methodology approach in a foundry producing grey cast iron components. Process factors like clay percentage, moisture percentage and mold hardness were found to be dominant factors for the production process control. Three different levels of each factor were considered for experimentation. Statgraphics Centurion Statistical Software was used to optimize process parameters. Significant parameters were identified by means of an Analysis of Variance (ANOVA) test. Parameter optimal settings obtained and validated from confirmatory experiments, produced a high per cent of defect free pump impeller castings. The research concluded that careful adjustment of process dominance parameters is necessary, since they have significant effects on quality improvement of castings produced.

**KEYWORDS:** Design of Experiments, Quality of Castings, Response Surface Methodology, Analysis of Variance (ANOVA), Optimization.

## MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE UN PROCESO DE FUNDICIÓN UTILIZANDO DISEÑO DE EXPERIMENTOS

**RESUMEN**: La mejora de la calidad de las piezas fundidas que no cumplen las especificaciones, exige identificar los parámetros relacionados con los defectos

y sus niveles. Este trabajo de investigación, tuvo como objetivo optimizar la producción de impelentes de bombas, utilizando la Metodología de Superficies de Respuesta en una empresa de fundición gris. Factores tales como los porcentajes de arcilla y humedad, así como la dureza del molde resultaron predominantes para el control del proceso de producción. Tres niveles diferentes de cada factor fueron considerados para la experimentación. El Software Estadístico Statgraphics Centurion fue utilizado para optimizar los parámetros del proceso. Los parámetros significativos fueron identificados por medio de una prueba de análisis de varianza (ANOVA). La configuración óptima de los parámetros del proceso, validada por las corridas confirmatorias, produjo un elevado porcentaje de impelentes no defectuosos. Esto permitió concluir que es necesario el ajuste cuidadoso de los parámetros de predominio del proceso, dado que estos tienen efectos significativos en el mejoramiento de la calidad de las piezas producidas.
**PALABRAS CLAVE:** Diseño de experimentos, calidad de las piezas fundidas, Metodología de Superficies de Respuesta, Análisis de la Varianza (ANOVA), Optimización.

## 1 | INTRODUCTION

Most of the pumping and allied components in today's world are produced by metal casting. Sand casting is the oldest method of producing castings in which a molten metal is poured into the mold cavity made of sand. The essential components of sand casting process are sand (Silica), clay (bentonite), and water. The silica sand is bonded with clay and water to mold the sand. The silica sand can be used for a number of times but each time, it is required to add clay and water in a sufficient amount to aid bonding strength. Variation in bonding strength of sand would produce defects in castings. Optimal settings can be defined as the best level of process parameters that produce the desired response (good quality castings). Optimal settings can be obtained with parameters of predominance factors such like green strength, moisture content, permeability and mold hardness using Design of Experiments (DOE) and Response Surface Methodology (RSM) (1). Other methods like Taguchi approach can be used to determine the best parameter settings for the green sand casting process (2), (3), (4). Casting defects can be analyzed using DOE to improve yield (5), (6), (7). Central composite design of experiments can be applied to investigate the effects of predominance factors like bentonite, water, curing time and sand mixture on sand mold properties (8). Mixture experimental design and response surface methodology can be used to optimize the composition of the molding sand mixture for reducing the number of casting defects (9). A strategy to find optimum values of process factors in casting process and a considerable improvement in reduction of casting defects was achieved in this research. It provided an insight on the use of Box Behnken Design of Experiments and Response Surface Methodology (RSM*) in the iron casting sand mold process for eliminating defects and improve the quality of castings.*

## 2 I MATERIALS AND METHODS

A Pareto chart is often used to know the most frequently occurring defects, the most common causes of defects or the most frequent causes of customer complaints (10). A Pareto analysis was constructed with six months production data of the EF- 300 pump impeller castings. The Pareto chart revealed that blow-hole defect is the key defect that recur and account for the loss in quality of the castings produced as shown in Figure 1. The quality of this experiment was analyzed by using an Ishikawa diagram. This diagram is a tool for identifying the root causes of quality problems (11). Ishikawa diagram helps to identify the key parameters affecting the quality of castings during production. Key parameters namely clay content, moisture content and mold hardness were identified from an analysis of the Ishikawa diagram shown in Figure 2, by means of hypothesis testing.

For carrying out the experiments, following steps were adopted in each setting of mold preparation for pump impeller castings. A mass of 400 kg of fresh dry molding sand was taken for each experimental setting. Quantities of clay such like 8 kg, 12 kg and 16 kg were added along 12 liters, 16 liters and 20 liters of water to molding sand per each requirement. The mold hardness was kept in the range between 70 and 90 psi (5 to 6 kg/cm$^2$) so that permeability was maintained within acceptable limits. Mold hardness was tested by means of a portable mold hardness tester which has a steel ball indentation that ranges from 0 to 100 psi.

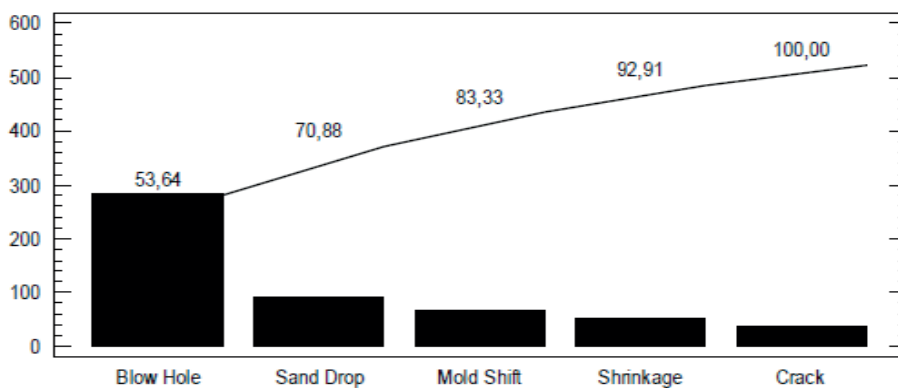



Figure 1 Pareto analysis of the percentage of defects in castings

Figura 1 Análisis Pareto del porcentaje de defectos en las piezas fundidas

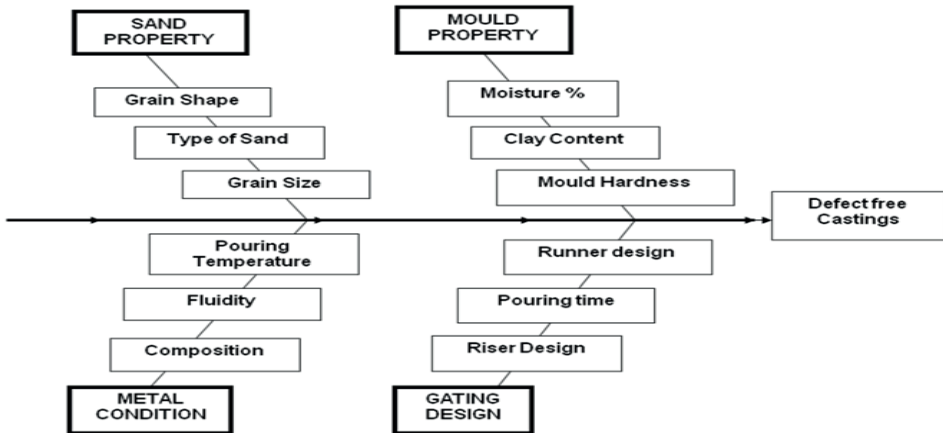



Figure 2 Ishikawa Diagram for casting defects analysis

Figura 2 Diagrama Ishikawa para el anàlisis de los defectos en piezas fundidas

The molten metal was poured into molds and then allowed to cool and solidify to form castings. With each parameter setting, twenty cast impellers were produced. Visual inspection was carried out for defect identification of cast components. Defective components were separated from the good ones.

The experimental runs were conducted according to the design matrix of a Box-Behnken DOE. This is a rotatable second-order design based on a three-level incomplete fractional factorial design. The arrangement of design levels allows the increasing of design points at the same rate of the polynomial coefficients. For example, in the case of three factors, the design can be constructed as three blocks of four experiments consisting of a full two-factor factorial design with the level of the third factor set at zero.

A response surface method, based on the Box-Behnken design, was used in this research to carry out the optimal design of the EWMA control chart parameters, λ and L, while there was no shift in the process. The main objective was to optimize the composition of the new molding sand, clay and water to achieve process quality improvement. The levels of the new molding sand, clay and water were 90-99%, 4-6% and 6-10%, respectively. These levels were selected from literature and foundry experience. The surface of the iron castings was analyzed qualitatively by the quality people of the company and the hardness test was conducted using a Rockwell hardness testing machine in the laboratory.

In this study, *the goal was to optimize the response variable y* (defect free components). It was assumed that the independent variables like clay percentage, moisture percentage and mold hardness are continuous and controllable by the experimenters with negligible errors, to find a suitable approximation for the true functional relationship between independent variables and the response surface. Usually a second-order model

is used in response surface methodology. The objective of this study is to minimize the defects of cast components that will reduce rejects. Present study made emphasis on the development of an empirical relationship for correlating process factors like clay percentage, moisture percentage and mold hardness which are predominant in predicting the quality of castings. Parameters have been optimized applying the response surface methodology to data obtained from experiments. The adequacy of the model was also tested by means of an Analysis of Variance (ANOVA). Numerical optimization of process parameters was achieved for quality control of castings. The effects of process factors like clay percentage, moisture percentage and mold hardness on quality of castings, were studied by means of 15 runs of a Box-Behnken experimental design. Levels of each factor are shown in Table 1. Design analysis and parameter optimization were conducted using the Statgraphics Centurion V. 16 Statistical Software Package (12).

In order to study the effects of process parameters on quality of castings, a second order polynomial response surface mathematical model was developed. The model was:

$y = b0 + b1x_1 + b2x_2 + b3x_3 + b4x_1\ x_2 + b5x1\ x3 + b6x2\ x3 + b7x12 + b8x22 + b9x32 +$ Error (1)

| Process Factors | Factor Levels | | |
|---|---|---|---|
| | Level 1 | Level 2 | Level 3 |
| Clay (%) | 2 | 3 | 4 |
| Moisture (%) | 3 | 4 | 5 |
| Mold hardness (kg/cm2) | 5 | 5.5 | 6 |

Table 1 Levels of process factors

Tabla 1 Niveles de los factores del proceso

## 3 I RESULTS

The results obtained by conducting the Box-Behnken DOE are shown in Table 2.

| Run Order | Clay (%) | Moisture (%) | Mold Hardness (kg/cm2) | Defective components (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 5 | 6 | 50 |
| 2 | 2 | 5 | 5.5 | 10 |
| 3 | 3 | 3 | 5 | 20 |
| 4 | 3 | 4 | 5.5 | 20 |
| 5 | 3 | 5 | 5 | 30 |
| 6 | 2 | 4 | 6 | 20 |
| 7 | 2 | 4 | 5 | 0 |
| 8 | 3 | 4 | 5.5 | 25 |
| 9 | 4 | 4 | 6 | 30 |
| 10 | 3 | 4 | 5.5 | 20 |
| 11 | 4 | 5 | 5.5 | 20 |
| 12 | 2 | 3 | 5.5 | 10 |
| 13 | 4 | 3 | 5.5 | 20 |
| 14 | 3 | 3 | 6 | 30 |
| 15 | 4 | 4 | 5 | 20 |

Table 2 Experimental Results of the Box-Behnken Design

Tabla 2 Resultados experimentales del diseño Box – Behnken

Table 3 summarizes the best analysis of variance (ANOVA) for the response surface quadratic model. It is noted that the clay percentage and mold hardness which have less than 0,05 P-values are statistically significant at 95% confidence level, when the P-values of regression model are considered. Hence it can be understood that clay percentage and mold hardness are major contributing in controlling defects of castings than moisture percentage**.**

| *Source* | *Sums of Squares* | *df* | *Mean Squares* | *F- Ratio* | *P- values* |
|---|---|---|---|---|---|
| A:Clay | 312,5 | 1 | 312,5 | 37,50 | 0,0256 |
| B:Moisture | 112,5 | 1 | 112,5 | 13,50 | 0,0667 |
| C:Mold Hardness | 450,0 | 1 | 450,0 | 54,00 | 0,0180 |
| AA | 433,333 | 1 | 433,333 | 52,00 | 0,0187 |
| BB | 64,1026 | 1 | 64,1026 | 7,69 | 0,1091 |
| CC | 164,103 | 1 | 164,103 | 19,69 | 0,0472 |
| Lack of fit | 175,0 | 6 | 29,1667 | 3,50 | 0,2388 |
| Pure error | 16,6667 | 2 | 8,33333 | | |
| Total (corr.) | 1783,33 | 14 | | | |
| R-square = 89,2523 per cent | | R-square (adjusted by d.f.) = 81,1916 per cent | | | |

Table 3 Best ANOVA for Response Surface Quadratic Modeling

Tabla 3 Mejor ANOVA del Modelo Cuadràtico de Superficie de Respuesta

P-values less than 0,05 indicate model terms that are significant. In the experiment, A, C, A2, C2 are significant model terms and p-values greater than 0.1000 indicate the

model terms that were not significant. P-value greater than 0,05 for lack of fit indicates that the model is suitable for predicting future response values. The value of the adjusted R-square statistic indicates that 81,1916 per cent of the total variability is explained by the model.

Hence, a second order polynomial model equation can be used to find a suitable approximation for the functional relationship between the process parameters and the response surface. The regression equation reveals the relationship between each of the parameters i.e., clay percentage, moisture percentage and mold hardness using the experimental data. This equation in turn can be used to estimate the expected values of the response.

| *Coeficcient* | *Estimate* |
|---|---|
| constante | 681,25 |
| A:Clay | 71,25 |
| B:Moisture | -29,5833 |
| C:Mold Hardness | -278,333 |
| AA | -10,8333 |
| BB | 4,16667 |
| CC | 26,6667 |

Table 4 Least Squares Estimates of Regression Coefficients

Tabla 4 Estimados mínimo cuadráticos de los coeficientes de regresión

% Defective components = 681,25 + 71,25*Clay - 29,5833*Moisture - 278,333*Mold Hardness - 10,8333*Clay^2 + 4,16667*Moisture^2 + 26,6667*Mold Hardness^2 (3)

## MODEL VALIDATION

The main purpose of this step is to predict and verify the response using the optimum values of the process parameters involved in the experiments. Normal probability plot of residuals and plots of the residuals versus predicted responses for defective per cent are shown in Figure 3 and Figure 4, respectively. Figure 3 revealed that the residuals almost fall in a straight line meaning that the errors are normally distributed. Figure 4 revealed that there is no unusual pattern or structure affecting variance stability.

### Numerical optimization

The aim was to minimize defective components in pump impeller castings. From Table 5, it was noted that the optimal solution (best setting of parameters) minimized the defect percentage to the estimated value of 1,63 %. This also was observed from the

estimated response surface plot shown in Figure 5.

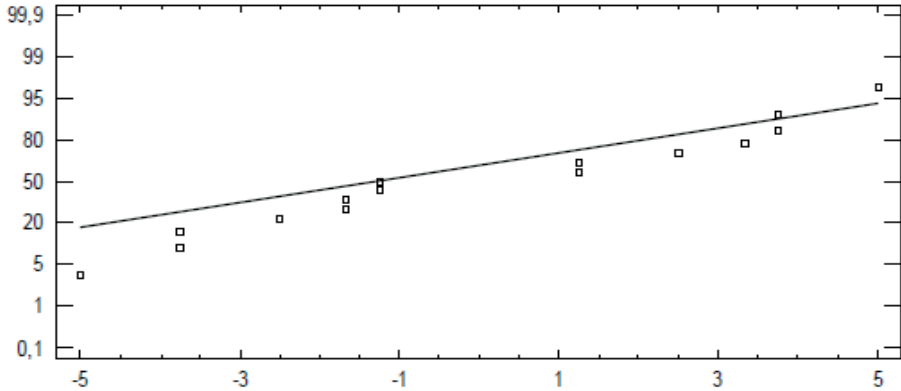



Figure 3 Normal probability plot of the percentage of defects in castings

Figura 3 Gráfico de probabilidad normal del porcentaje de defectos en las piezas fundidas

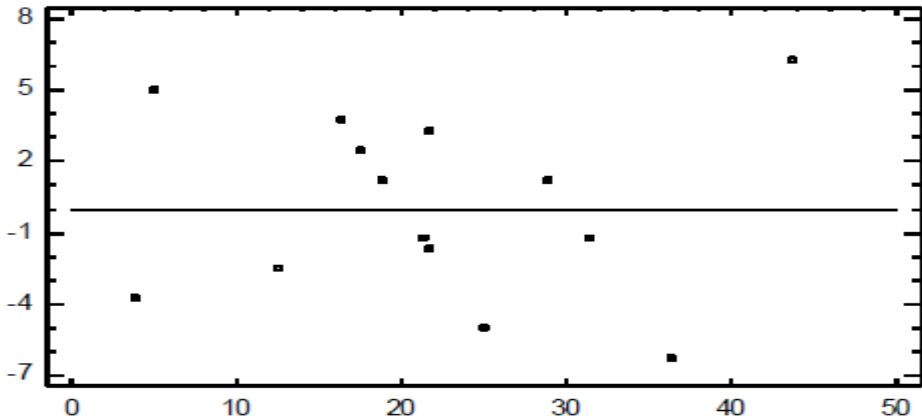



Figure 4 Residuals versus Predicted Values for percentage of defects in castings

Figura 4 Residuos vs. Valores predichos del porcentaje de defectos en piezas fundidas

| *Factor* | *Low* | *High* | *Optimun* |
|---|---|---|---|
| Clay (%) | 2,0 | 4,0 | 2,0 |
| Moisture (%) | 3,0 | 5,0 | 3,55006 |
| Mold Hardness (kg/cm$^2$ ) | 5,0 | 6,0 | 5,21874 |
| Optimun Response Value (%) | | 1,63021 | |

Table 5 Optimun Value of the Response

Tabla 5 Valor óptimo de la respuesta

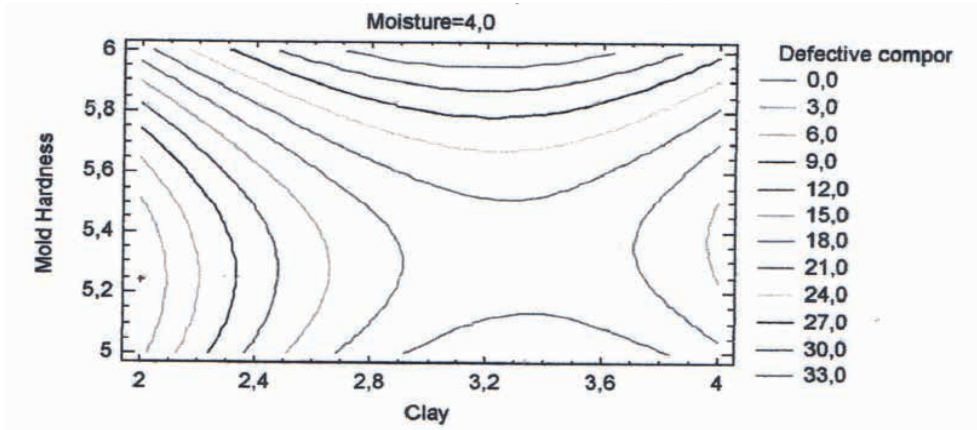



Figure 5 Estimated Response Surface Contours Plot

Figura 5 Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada

## Confirmation experiments

The main purpose of these experiments was to validate if the best setting obtained from the experimental runs is likely to achieve defect free castings. A set of 12 confirmation experiments conducted four times with the optimal setting produced 48 samples of pump impeller castings. Inspection revealed that 96 per cent castings were found to be defect free.

Therefore, the estimated setting may be taken as optimal for producing large quantities of pump impeller castings with minimal defects. The use of higher clay content and mold hardness with a moderate moisture percentage led to the quality improvement of castings shown in Table 6.

| Setting | Factor | Current Range | Optimal Range ngeng e |
|---|---|---|---|
| 1 | Clay Percentage | 1 | 2 |
| 2 | Moisture Percentage | 4 | 3,55 |
| 3 | Mold Hardness kg/cm$^2$ ) | Not measured | 5,22 |
| Per cent of defect free castings | | 71,4 | 96, 0 |

Table 6 Quality Improvement of Castings

Tabla 6 Mejoramiento de la Calidad de las piezas fundidas

## 4 I CONCLUSIONS

In this research, parametric optimization for quality improvement of EF- 300 pump impellers was performed by means of the Response Surface Methodology using a Box-Behnken design of experiments. Experiments were conducted in a foundry producing pump components. The main process factors that were responsible for producing casting defects of pump components were identified as proportions of clay, moisture and mold hardness. Each factor was analyzed with three different levels according to the design matrix. The contribution of factors using an ANOVA test to estimate their main and Interaction effects was also studied. ANOVA tests revealed that proportion of clay and mold hardness parameters were highly significant in casting process quality improvement. These parameters were noted to be more critical in producing quality cast components.

The optimized parametric setting determined by Statgraphics Centurion Software was:

Clay (2%), Moisture (3,55 %), Mold Hardness (5,22 kg/cm$^2$).

Confirmation runs validated that the optimized parametric setting is likely to achieve an improved process performance of 96 per cent defect free castings with respect to a previous one of 71,4 per cent, before the improvement actions were implemented. This research confirms how useful is design of experiments in process improvement.

## REFERENCES

[1]Lakshmanan, S. (2010). Improving Quality of Sand Casting Using Taguchi Method and ANN Analysis, International Journal on Design and Manufacturing Technologies, 4(1).

[2]Guharaja, S., Noorul, H.A., & Karuppannan, K.M. (2006). Optimization of Green Sand Casting Process Parameters by Using Taguchi's Method. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30, 1040–1048.

[3]Kumar, A., & Singh, J. (2011). Optimization of Sand Casting Process Parameters of Ferrous Material by Using Design of Experiments, International Journal of Emerging Technologies 2(2), ISSN: 0975-8364, 122-127.

[4]Makino, H., Hirata, M., & Hadano, Y. (2003). Computer Simulation and Optimization of Sand Filling using the Distinct Element Method. WFO Technical Forum.

[5]Dabade U.A., & Bhedasgaonkar, R.C. (2013). Casting Defect Analysis Using Design of Experiments (DoE) and Computer Aided Casting Simulation Technique, Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP 00 (2013) 000–000.

[6]Karunakar, D.B., & Datta, G.L. (2003). Modelling of Green Sand Mold Parameters Using Artificial Neural Networks, Indian Foundry Journal, 49(12), 27–36.

[7]Karunakar, D.B., & Datta, G.L. (2007). Controlling Green sand Mold Properties Using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms-a Comparison. Applied Clay Science 37 (1–2), 58–66

[8] Kundu, R.R., & Lahiri, B.N. (2008). Study and Statistical Modeling of Green Sand Mold Properties Using RSM, International Journal of Materials and Product Technology, 31 (2/3/4), 143–158.

[9]Aikaew, C., & Wiengwiset, S. (2012). Optimization of Molding Sand Composition for Quality Improvement of Iron Castings, Applied Clay Science, 67-68, 26-31

[10]Awaj, Y.M., Singh, A.P., & Amedie, W.Y. (2013). Quality Improvement Using Statistical Process Control Tools in Glass Bottles Manufacturing Company, International Journal for Quality Research, 7(4), 107- 126.

[11]Tegegne, A., & Singh, A.P. (2013). Experimental Analysis and Ishikawa Diagram for Burn-on Effect on Manganese Silicon Alloy Medium Carbon Steel Shaft, International Journal for Quality Research, 7(4), 545-558.

[12]Stat point Inc. (2011). Statgraphics Centurion 16 User's Guide, USA.

**DENIS MEDINA GUEDES -** Engenheiro Agrícola e Ambiental formado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado em Engenharia Agrícola na área de mecanização agrícola pela mesma instituição. Possui experiência no desenvolvimento de equipamentos agrícolas, como secadores, fornalhas e transportadores, tendo atuado no mercado de trabalho como supervisor de projetos em uma indústria de Máquinas e equipamentos agrícolas. Também atuou como professor substituto na UFV Campus de Florestal e como professor efetivo e coordenador do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso campus Sorriso. Atualmente é professor efetivo na UFV campus Florestal, onde já coordenou os cursos de Agronomia e Técnico em Agropecuária. Atua principalmente nas áreas de topografia e geoprocessamento, agricultura de precisão e secagem e armazenagem de produtos agrícolas.

**LEONARDO FRANÇA DA SILVA** - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Especialista em Engenharia de segurança do trabalho e de produção. Atualmente, é pesquisador de Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa e membro colaborador do Núcleo de Pesquisa em. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia.

**VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA** - Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. É atualmente pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP). Possuí experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiência.

ÍNDICE REMISSIVO

A



B



C



D



E



G



I



L



M

# INGENIERÍA:

## Innovación, ciencia y tecnología 3


www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023

# INGENIERÍA:

## Innovación, ciencia y tecnología 3


www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023